ÜBER EMPFINDLICHKEIT DER BARRETTER UND DIE ZUVERLÄSSIGKEIT DER MIT IHNEN AUSGEFÜHRTEN MESSUNGEN.

(MITTEILUNGEN DER PHYSIKALISCHEN VERSUCHS-STATION HALLE-CRÖLLWITZ.)
(No. 14.)

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE

DER

ACAD. LAND.BAU. BIBL.

HOHEN PHILOSOPHISCHEN FAKULTÄT

DER

VEREINIGTEN FRIEDRICHS-UNIVERSITÄT HALLE-WITTENBERG

VORGELEGT VON

THEODOR NEUHAUS
AUS WEHRSTEDT (HALBERSTADT).

HALLE A. S.
HOFBUCHDRUCKEREI VON C. A. KAEMMERER & CO.
1909.

Referent: Geh. Regierungsrat Prof. Dr. **Dorn.**

Meinen lieben Eltern!

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548124_0060

Inhaltsübersicht.

Seite

Einleitung: Bisherige Arbeiten und ihre Resultate 7

I. Herstellung und Beschreibung der einer eingehenderen Untersuchung unterworfenen Barretter-Serien 9

II. Widerstandsbestimmung:

a) nach der Kompensationsmethode 9

b) nach der Brückenmethode 10

III. Schaltungsschema und Beschreibung der Apparate 14

IV. Messmethode 17

V. Resultate 20

VI. Messungen, welche zwecks Kenntnis der zu den bisherigen Untersuchungen benutzten Schwingungskreise angestellt wurden . . 33

VII. Kurze Zusammenfassung der Resultate 41

Benutzte Zeichen.

i_B = Barretterstrom.
i_B (opt) = günstigster Barretterstrom.
w_B = Barretterwiderstand bei beliebigem i_B.
w_b = Barretterwiderstand bei i_B (opt).

Einleitung.

Über das mit dem Namen „Barretter“ belegte Hitzdrahtinstrument, welches seit einiger Zeit für quantitative Arbeiten auf dem Gebiete der drahtlosen Telegraphie mit gutem Erfolg benutzt wird, ist in der einschlägigen Literatur verhältnismässig wenig bekannt gegeben. Neben einem in der Elektrotechn. Zeitschr. 1903, S. 589 niedergelegten Berichte Fessendens, welcher in der Hauptsache der Herstellung der Barretter gewidmet ist und neben den Arbeiten von Béla Gáti,[1]) welche sich mit der Verwendbarkeit der Barretter für Messungen von Telephon- und Hochfrequenzströmen beschäftigen, kommen lediglich zwei Arbeiten von K. E. F. Schmidt[2]) in Betracht.

In ihnen finden sich die wesentlichsten Resultate, welche bislang durch eingehendere Untersuchung der Barretter gezeitigt wurden. Sie mögen hier kurz zusammengestellt werden:

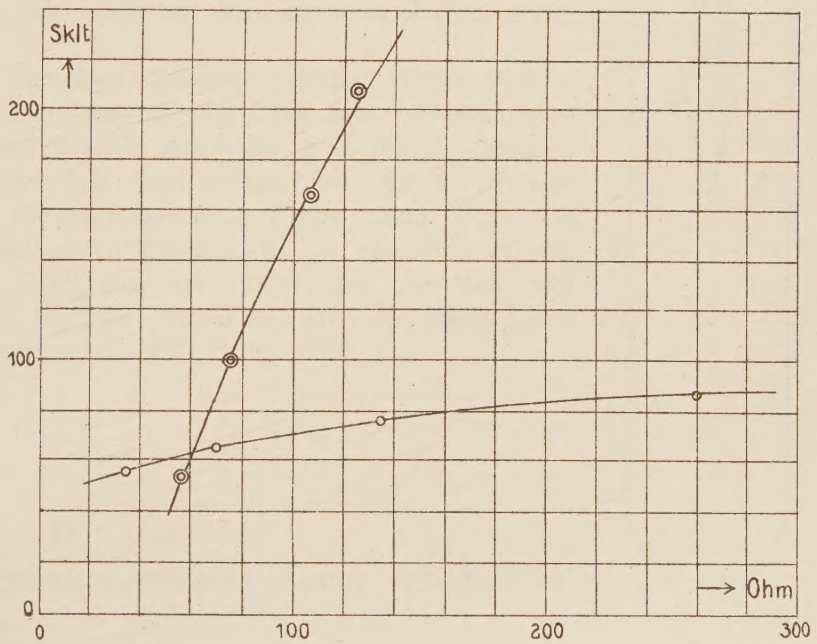
1. Die Barretter sind zum Zwecke der Messung der Intensität elektrischer Wellen in einen Zweig einer Wheatstoneschen Brücke zu schalten, deren Gesamtwiderstand möglichst klein zu wählen ist.

2. Vor groben äusseren Temperaturschwankungen können die Barretter durch Eintauchen in ein Ölbad geschützt werden.

3. Die Barretter haben ein Stromoptimum, d. h. sie zeigen für einen bestimmten Wert des in der verwendeten Brückenkombination fliessenden Gleichstromes die grösste Empfindlichkeit.

4. Diese wächst mit zunehmendem Widerstand der Barretter und zwar erheblich schneller für die dünnere von zwei Drahtserien.

Von grossem Interesse erschien das letzte Resultat, welches



Figur 1.
Barretterempfindlichkeit = f (w_B bei $i_B = 3{,}75 \times 10^{-3}$ Amp.).
◯ = 0,003 mm Pt-Barretter.
◎ = 0,001 mm Pt-Barretter.

1) Béla Gáti: Measurement of Feeble High-Frequency Currents. Electrical World 1906, S. 1341—1343.
Béla Gáti: Einige Messversuche der ankommenden Ströme bei der drahtlosen Telegraphie. Phys. Z. S. 8, 630—632, 1907.

2 K. E. F. Schmidt: Beiträge zur Kenntnis des Barretters. Phys. Z. S. 7, 642—644, 1906.
K E. F. Schmidt: Studien zum Barretter. Phys. Z. S. 8, 601—606, 1907.

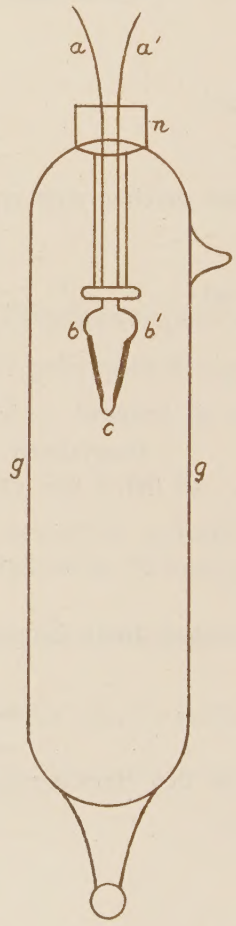
der Beantwortung der Frage nach der Abhängigkeit der Barretterempfindlichkeit von Drahtdurchmesser und Schleifenlänge dienen sollte. Es war aus vorstehenden Kurven (Figur 1) entnommen, durch welche die Barretterempfindlichkeit in Abhängigkeit von den bei $i_B = 3{,}75 \times 10^{-3}$ Amp. gemessenen Barretterwiderständen zur Darstellung gebracht ist.

Dieselben gaben weiter zu der Vermutung Anlass, dass die Empfindlichkeit der Barretter erheblich gesteigert werden könne durch Verwendung möglichst langer Schleifen dünnsten Drahtes und dass sich dieselbe eventuell in eine gewisse Abhängigkeit von der Drahtstärke bringen liesse. Untersuchungen nach dieser Richtung hin habe ich auf gütige Anregung und mit freundlicher Unterstützung des Herrn Prof. Dr. K. E. F. Schmidt gern vorgenommen. Der erste Teil der vorliegenden Arbeit möge denselben gewidmet sein.

I.

Ich unterwarf einer eingehenderen Untersuchung in der Hauptsache vier Serien von Barrettern. Die Herstellung derselben erfolgte nach dem von Fessenden in dem oben erwähnten Berichte angegebenen Verfahren. Dasselbe war indessen nach vielen Hin- und Herversuchen mit technischen Modifikationen derart versehen, dass mit einer gewissen Sicherheit die grossen Schwierigkeiten überwunden wurden, welche sich der Herstellung von Barrettern mit Schleifen jeder gewünschten Form und Länge entgegenstellen. Die Barretterform, welche schliesslich resultierte, möge Figur 2 veranschaulichen.

a b und a′ b′ sind die in Glas eingeschmolzenen Zuleitungsdrähte aus Platin; b c b′ ist der bei b und b′ angelötete Wollastondraht, dessen abgeätzter wirksamer Teil bei c liegt, umgeben von einem möglichst vollkommenen Vakuum, das durch die Wände des Glaszylinders g begrenzt ist. Das auf den Zylinder g aufgesetzte Glasnäpfchen n dient zum Schutze der Zuleitungsdrähte gegen mechanische Beschädigungen.



Figur 2. Pt-Barretter.

Die erste Barretterserie war aus Wollastondraht gefertigt, dessen Pt-Kern nach Angabe von Heraeus einen Durchmesser von 0,003 mm, mikroskopisch untersucht indessen einen solchen von 0,00525 mm hatte. Für den Durchmesser des Pt-Kernes, welcher den wirksamen Teil der zweiten bezw. der dritten und vierten Barretterserie bildete, lieferte die mikroskropische Untersuchung Werte von 0,00315 mm und 0,0035 mm. Denselben entsprachen die von Heraeus bei der Lieferung angegebenen Werte von 0,001 mm bezw. 0,003 mm. In allen vier benutzten Barretterserien fanden sich Barretter, deren Schleifen für einen Strom von 2×10^{-3} Amp. Widerstände von rund 50—500 Ohm hatten.

II.

Für die Bestimmung von Barretterwiderständen kommen zwei Methoden in Betracht:

1. die Kompensationsmethode;
2. eine Methode, welche die Schaltung der Wheatstoneschen Brücke benutzt.

Die Kompensationsmethode veranschaulicht das Schaltungsschema I.

Der Strom einer Batterie E fliesst über einen Spannungsteiler Sp. und ein Milli-Volt- und Amperemeter Amp. (Siemens & Halske), das zur orientierenden Strommessung dient, durch den Barretter B und einen Normalwiderstand W der Firma: O. Wolff-Berlin (100 Ohm Manganin im Petroleumbad). Ein Sechsnapf-Umschalter ermöglicht es, einmal den Barretter, das andere Mal den Normal-

widerstand an einen Feussnerschen Kompensationsapparat[1]) mit Kurbelschaltung (O. Wolff-Berlin) anzuschliessen, an welchem wiederum ein Weston-Normalelement N (hergestellt von der „European Weston Electrical Instrument Co.-Berlin"), eine Batterie E′ und ein hochempfindliches Zeigergalvanometer Z. G. (Siemens & Halske; 96 Ω; $C = 2{,}85 \times 10^{-7}$ Amp.[2])) liegen.

Die Messung geht in der Weise vor sich, dass zunächst die elektromotorische Kraft des Normalelements N und dann die Potentialdifferenz, die an den Punkten a und b auftritt, gegen die elektromotorische Kraft der Batterie E′ kompensiert wird.

Die elektromotorische Kraft des Normalelements N sei mit e_n bezeichnet. Die Potentialdifferenz, die an den Punkten a und b herrscht, möge e_{100} heissen, wenn es sich um die Spannung handelt, die an den Klemmen des Normalwiderstandes W liegt. Sie möge e_B heissen, wenn es sich um die an den Klemmen des Barretters auftretende Spannung handelt. Damit e_n kompensiert ist, d. h. damit das Zeigergalvanometer Z. G. auf Null einspielt, wird es der Einschaltung eines gewissen Kompensationswiderstandes w_n bedürfen. e_{100} wird durch einen gewissen Widerstand w_{100} und e_B durch einen entsprechenden Widerstand w_x kompensiert sein.

Es werden die Relationen bestehen:

$$\frac{e_n}{e_{100}} = \frac{w_n}{w_{100}}$$

und

$$\frac{e_n}{e_B} = \frac{w_n}{w_x},$$

aus welchen sich ergibt:

$$e_{100} = \frac{e_n \cdot w_{100}}{w_n}$$

und

$$e_B = \frac{e_n \cdot w_x}{w_n}$$

e_n ist bekannt = 1,0195 Volt. w_n, w_{100} und w_x werden gemessen.

Bezeichnen wir nun den Strom, der den Barretter und den Normalwiderstand durchfliesst, mit i_B, so liefert das Ohmsche Gesetz weiter die Beziehung:

$$i_B = \frac{e_{100}}{W},$$

woraus durch Einsetzen des für e_{100} ermittelten Wertes folgt:

$$i_B = \frac{e_n \cdot w_{100}}{w_n \cdot W}.$$

Für den Barretterwiderstand w_B ergibt sich sodann auf gleiche Weise der Wert:

$$w_B = \frac{e_B}{i_B} = \frac{e_n \cdot w_x \cdot w_n \cdot W}{w_n \cdot e_n \cdot w_{100}}$$

$$w_B = \frac{w_x \cdot W}{w_{100}}.$$

Zur Veranschaulichung der zweiten neuerdings vornehmlich angewandten Messmethode möge das Schaltungsschema II. dienen.

---

1) K. Feussner: Zeitschr. für Instrumentenkunde (April 1890).

2) C = Stromstärke für 1 Skt. Ausschlag.

Im Zweige 1 der Wheatstoneschen Brücke befindet sich der Barretter B, dessen Widerstand w_B gemessen werden soll, und ein hochempfindliches Zeigergalvanometer Z. G. (Siemons & Halske; 96 Ω; $C = 2{,}85 \times 10^{-7}$ Amp.) mit Nebenschluss zwecks Messung des jeweilig den Barretter durchfliessenden Gleichstromes i_B. Im Zweige 2 befindet sich ein Präzisionswiderstandskasten W von der Firma: O. Wolff-Berlin, während ein stöpselbarer Verteilungskasten V (O. Wolff-Berlin) die Brückenzweige 3 und 4 bildet. Als Nullinstrument dient ein sehr empfindliches Zeigergalvanometer G der Firma: Hartmann & Braun A. G.-Frankfurt a. M.

Bedeutet x den aus dem Barretterwiderstande w_B und dem Widerstande des mit Nebenschluss versehenen Zeigergalvanometers Z. G. bestehenden Widerstand des Barretterzweiges und sind a und b die beiden Seiten des Verteilungskastens V, so besteht die Brückenbeziehung:

$$\frac{x}{W} = \frac{a}{b}.$$

Dem Verhältnis $\frac{a}{b}$ kann man mit Hilfe des Verteilungskastens V einen bestimmten Wert, beispielsweise $^1/_{10}$, geben, so dass die obige Beziehung übergeht in:

$$x = \frac{W}{10}$$

und w_B den Wert:

$$\frac{W}{10} - \frac{g \cdot w}{g + w}$$

erhält.

Der Term $\frac{g \cdot w}{g + w}$ stellt den Widerstand des mit Nebenschluss versehenen Zeigergalvanometers Z. G. dar. Er hat beispielsweise bei Verwendung eines aus 0,704 Ω Manganindraht gefertigten Nebenschlusses den Wert:

$$\frac{96 \times 0{,}704}{96{,}704} = 0{,}695\ \Omega.$$

Die soeben beschriebene Messmethode ist bei hinreichender Genauigkeit wesentlich einfacher und zeitersparender als die Kompensationsmethode, schon dadurch, dass die logarithmische Rechnung, welche die Kompensationsmethode erfordert, auf ein Minimum beschränkt ist.

Die Tabellen I bis IV enthalten die Resultate meiner Widerstandsmessungen, welche mit Hilfe der Kompensationsmethode gewonnen wurden.

Für den Barretter No. 107 der 0,00315 mm Pt-Barretter-Serie möge nachstehend das Versuchsprotokoll wiedergegeben werden:

No. des Barretters	w_n Ω	w_{100} Ω	i_B in 10^{-3} Amp.	w_x Ω	w_B Ω
107	4566,0	497,5	1,110	1833,0	368,4
		615,5	1,374	2609,0	423,8
		793,0	1,770	3811,0	480,5

Tabelle I.

0,00315 mm Pt-Barretter-Serie.

No. des Barretters	i_B gemessen in 10^{-3} Amp.	Dazugehörige w_B	w_B bei i_B = 2×10^{-3} Amp.
107	1,110	378,4 Ω	508,5 Ω
	1,374	428,8 „	
	1,770	486,5 „	
87	1,817	408,9 „	426,5 „
	1,986	424,8 „	
	2,555	475,5 „	
91	1,872	346,4 „	368,0 „
	1,965	362,2 „	
	2,600	441,0 „	
98	1,132	233,4 „	329,5 „
	1,735	305,4 „	
	2,078	336,1 „	
102	1,584	205,9 „	239,0 „
	2,157	250,5 „	
	2,446	268,9 „	
92	1,224	160,7 „	228,0 „
	1,529	188,8 „	
	1,691	203,5 „	
	1,877	218,2 „	
100	1,599	137,0 „	159,0 „
	1,844	150,1 „	
	2,390	182,0 „	
94	1,395	122,5 „	154,0 „
	1,557	131,4 „	
	1,870	147,6 „	
	2,298	169,9 „	
108	1,564	100,7 „	126,0 „
	2,403	148,9 „	
	2,986	180,3 „	
101	1,471	91,14 „	113,5 „
	2,117	119,0 „	
	2,432	136,6 „	
105	1,248	64,65 „	78,0 „
	2,110	80,19 „	
	2,910	109,0 „	

Tabelle II.

0,00525 mm Pt-Barretter-Serie.

No. des Barretters	i_B gemessen in 10^{-3} Amp.	Dazugehörige w_B	w_B bei i_B = 2×10^{-3} Amp.
33b	1,053	233,1 Ω	316,0 Ω
	2,063	321,7 „	
	2,685	373,4 „	
27a	1,545	277,0 „	308,0 „
	2,507	339.4 „	
	3,215	377,4 „	
42a	1,129	120,0 „	171,5 „
	2,155	179,2 „	
	3,207	226,9 „	
29a	1,856	124,6 „	131,0 „
	2,527	152,5 „	
	3,170	174,5 „	
42	2,082	86,34 „	83,5 „
	3,089	118,8 „	
	4,131	145,6 „	
33a	1,182	56,62 „	66,5 „
	2,123	68,57 „	
	2,906	85,19 „	
45	2,076	55,50 „	54,5 „
	3,139	70,69 „	
	4,239	90,12 „	
29	2,145	52,02 „	50,0 „
	3,250	67,85 „	
	4,121	84,33 „	
33	2,078	49,23 „	48,0 „
	3,114	61,15 „	
	4,177	78,89 „	
27	2,216	32,78 „	32,0 „
	3,233	36,89 „	
	4,315	43,86 „	
48	2,140	27,55 „	26,5 „
	3,221	30,03 „	
	4,315	34,43 „	

Tabelle III.

0,0035 mm Pt-Barretter-Serie I.

No. des Barretters	i_B gemessen in 10^{-3} Amp.	Dazugehörige w_B	w_B bei $i_B =$ 2×10^{-3} Amp.
76a	1,900	433,0 Ω	445,5 Ω
	2,089	456,9 „	
	2,957	544,5 „	
69a	1,052	142,8 „	223,0 „
	2,013	224,8 „	
	2,782	282,3 „	
71a	1,951	197,5 „	200,0 „
	2,600	240,0 „	
	2,918	258,1 „	
73a	1,600	134,0 „	155,5 „
	1,948	153,0 „	
	3,195	221,7 „	
74a	1,030	64,01 „	94,0 „
	2,074	97,5 „	
	2,802	134,1 „	
71	2,089	91,73 „	88,0 „
	2,810	117,5 „	
	3,764	165,0 „	
73	1,840	80,72 „	87,5 „
	2,789	121,9 „	
	3,572	150,9 „	
75	2,027	78,41 „	77,0 „
	3,033	118,4 „	
	3,704	146,9 „	
69	1,443	54,86 „	65,0 „
	2,387	76,02 „	
	3,647	123,8 „	
76	2,065	57,11 „	56,0 „
	3,020	79,02 „	
	3,539	96,20 „	
21	2,084	45,02 „	44,0 „
	2,830	55,5 „	
	3,574	72,63 „	
	3,700	76,0 „	

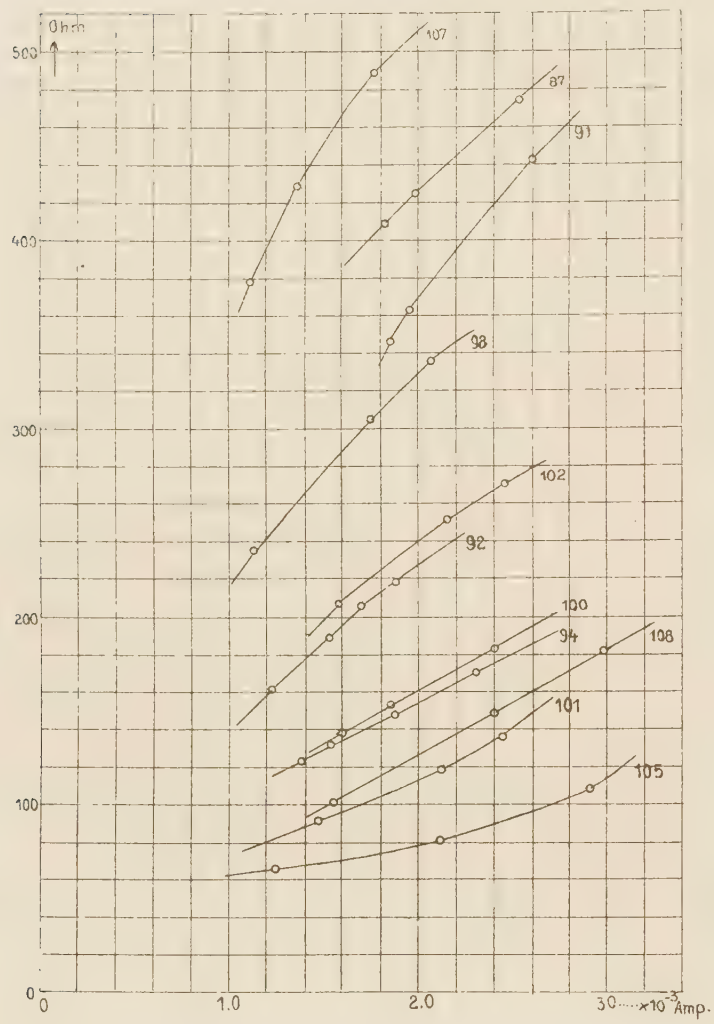
Tabelle IV.

0,0035 mm Pt-Barretter-Serie II.

No. des Barretters	i_B gemessen in 10^{-3} Amp.	Dazugehörige w_B	w_B bei $i_B =$ 2×10^{-3} Amp.
301	1,349	235,4 Ω	300,0 Ω
	2,081	306,7 „	
	3,066	379,1 „	
305	1,671	242,5 „	270,0 „
	2,270	291,6 „	
	2,643	318,2 „	
300	1,354	176,7 „	244,0 „
	2,088	253,0 „	
	2,587	297,2 „	
304	1,681	212,8 „	239,0 „
	2,381	265,0 „	
	2,781	287,9 „	
302	0,9849	143,7 „	233,0 „
	1,334	176,8 „	
	1,900	222,7 „	
	2,123	243,7 „	
306	1,341	155,7 „	213,0 „
	1,385	160,4 „	
	2,456	244,1 „	
303	1,756	138,3 „	154,0 „
	2,470	180,3 „	
	3,118	208,4 „	
308	1,117	89,52 „	128,0 „
	2,117	134,0 „	
	3,787	208,2 „	
307	1,153	85,06 „	121,5 „
	2,032	122,6 „	
	3,808	204,8 „	
309	2,014	112,3 „	112,0 „
	2,116	117,1 „	
	3,618	190,2 „	

Die Spalte 2 enthält die für den Barretterstrom i_B ermittelten Werte, die Spalte 3 die zugehörigen w_B-Werte. Die in der vierten Spalte für $i_B = 2 \times 10^{-3}$ Amp. angegebenen Barretterwiderstände sind aus Kurven entnommen, welche durch Darstellung der w_B-Werte als Funktionen der entsprechenden i_B-Werte entstehen. In Figur 3 sind derartige Kurven für die 0,00315 mm Pt-Barretter-Serie zur Darstellung gebracht.

Für die übrigen Barretterserien ergeben sich ähnliche Kurven. Es ist bemerkenswert, dass diese Kurven bei allen Barretterserien mit wachsenden Barretterwiderständen in der Nähe eines bestimmten i_B-Wertes (z. B. $i_B = 2 \times 10^{-3}$ Amp.) vom konvexen zum geradlinigen und schliesslich zum konkaven Verlauf übergehen und dass sich diese drei Kurvenzüge in den vollständigen Widerstandskurven, wie sie in Figur 4 für den 0,00315 mm Pt-Barretter No. 107 und für einen Béla-Gáti-Barretter zur Darstellung gebracht sind, wiederfinden.



Figur 3. $w_B = f(i_B)$.
Die an den Kurven stehenden Zahlen bedeuten die No. der einzelnen Barretter.

III.

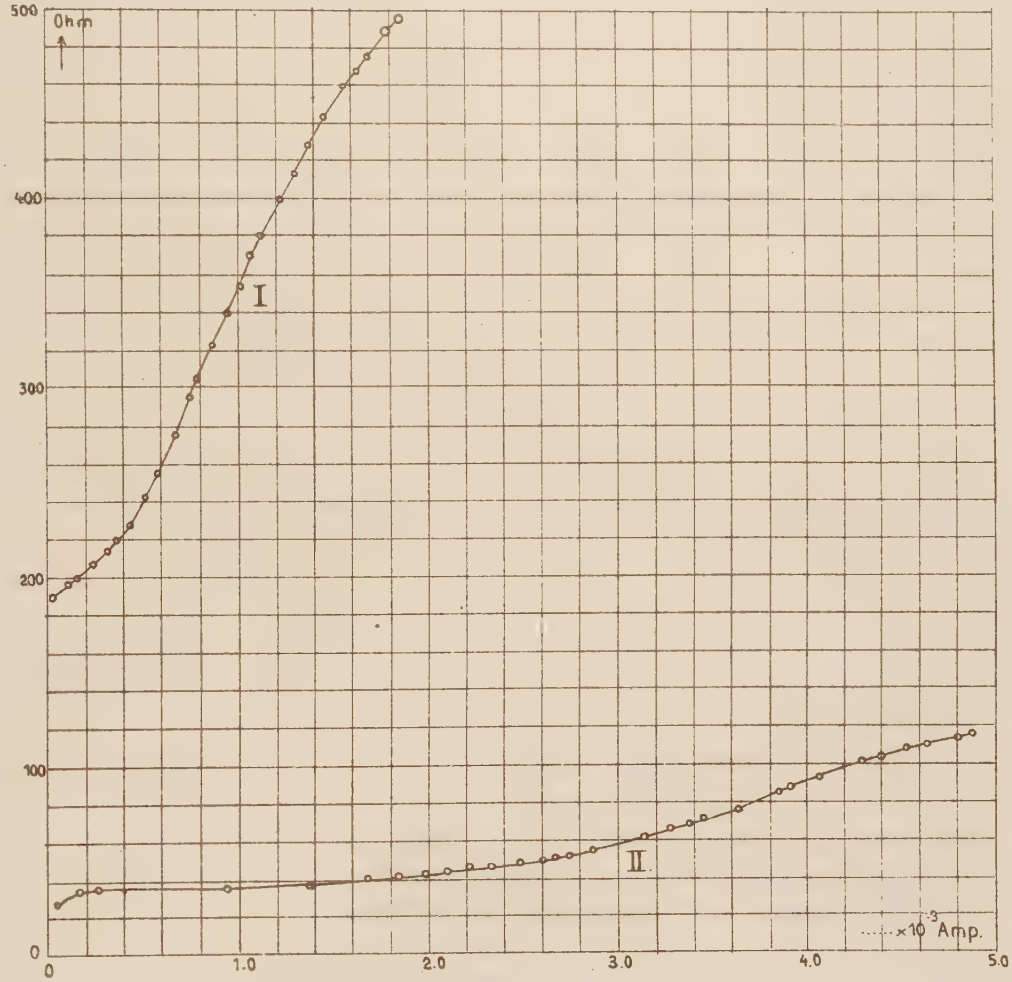
Die endgültige Schaltung, welche ich nach vielfach geänderter Anordnung der Vorversuche für meine Untersuchungen benutzte, zeigt das Schema III.

Die Teslamaschine A und der Teslatransformator B dienten zur Erzeugung der Funkenschwingung. Eine ausgezeichnete Konstanz derselben erzielte ich dadurch, dass ich auf Grund früherer an gleicher Stelle ausgeführter Beobachtungen[1]) den Erregerstrom für die Teslamaschine mittels eines mit Nebenschluss versehenen Milli-Volt- und Amperemeters Amp. auf einem bestimmten Wert hielt und den Funken in einer Wasserstoff-Atmosphäre konstanten Druckes übergehen liess. Die Elektroden der Funkenstrecke F waren zu diesem Zwecke in einen durch zwei Metalldeckel abgeschlossenen Glaszylinder eingeschlossen. Der durch a eintretende und durch b austretende Wasserstoff wurde bei c mit kleiner Flamme verbrannt. Ein mit gefärbtem Alkohol gefülltes Manometer M gestattete eine sehr genaue Regulierung des herrschenden

1) K. E. F. Schmidt: Studien zum Barretter. Phys. Z. S. 8, 603, 1907.

Wasserstoff-Druckes. Eine solche erwies sich als notwendig, da ich die bereits früher an gleicher Stelle[1]) gemachte Beobachtung, dass bereits geringe Druckschwankungen erhebliche Änderungen in der Intensität der Schwingung im Gefolge hatten, bestätigt fand.

Mit dem Primärkreise, in welchem sich ausser der Funkenstrecke F noch eine Kapazität C_1 (eine Leydener Flasche von $7{,}2\times10^{-4}$ Mi) und eine aus 15 Windungen 3 mm starken blanken Kupfer-Drahtes gefertigte Spule $L_1 = 61130$ cm befanden, war ein aus der Kapazität C_2, einem drehbaren Plattenkondensator (Luftkondensator: System Telefunken) mit 22/23 Segmenten und den Spulen $L_2 = 52425$ cm und $L_3 = 52100$ cm bestehendes Sekundärsystem induktiv gekoppelt. Die Spulen L_2 und L_3 waren aus 12 Windungen 3 mm starken Kupfer-Drahtes hergestellt. Die Windungsdurchmesser massen bezw. 25,1 und 25,0 cm. Mittels des Drehkondensators C_2 konnte das Sekundärsystem sehr genau auf das Primärsystem abgestimmt werden. Es waren auf diese Weise die Verhältnisse verwirklicht, welche M. Wien in einer seiner letzten Arbeiten[2]) zur Darstellung bringt. Die im Funkenkreise erzeugten stark gedämpften Schwingungen regten durch Stosswirkung in dem Sekundärsystem Schwingungen von geringem log. Dekrement an, welche nun weiter auf einen dritten Kreis übertragen wurden, der mittels einer der Spule L_3 ähnlichen Spule L_4 mit dem zweiten Kreise gekoppelt war. Mit Hilfe des 4/5 Drehkondensators C_3 mit Ölfüllung, den er ausser der Spule L_4 und zwei hintereinander geschalteten, konzentrisch ineinander gesetzten Spulen $L_5 = 39120$ cm und $L_6 = 4230$ cm noch enthielt, konnte dieser mit den beiden ersten Systemen in Resonanz gebracht werden. Durch $(L_5 + L_6)$ fand schliesslich eine Energieübertragung auf einen vierten Kreis, den Mess-



Figur 4. $w_B = f(i_B)$.
I. 0,00315 mm Pt-Barretter No. 107.
II. Béla-Gáti-Barretter.

1) K. E. F. Schmidt: Studien zum Barretter. Phys. Z. S. 8, 603, 1907.

2) M. Wien: Über eine Methode zur Erzeugung schwachgedämpfter elektrischer Schwingungen. Phys. Z. S. 9, 49–50, 1908.

kreis, statt, welcher durch die Spule $L_7 = 21600$ cm mit dem dritten Kreise gekoppelt war und ausser dieser die Kapazität C_4, einen 0,02 Mi-Glimmerkondensator von Siemens & Halske, enthielt. Dieser Messkreis war nicht mit den übrigen Schwingungskreisen in Resonanz, sondern führte eine erzwungene Schwingung. Ein Sechsnapf-Umschalter ermöglichte seinen Anschluss einerseits an den Barretterkreis V. (Prüfkreis), andererseits an den Barretterkreis VI. (Normalkreis). Es waren dies nach der Methode der Wheatstoneschen Brücke geschaltete Kreise. Im Zweige 1 der Prüfkreisschaltung befanden sich der zu untersuchende Barretter B und ein hochempfindliches Zeigergalvanometer Z. G. (Siemens & Halske; 96 Ω; $C = 2{,}85 \times 10^{-7}$ Amp.) mit Nebenschluss behufs Messung des Barretter-Gleichstromes. Der Barretter war zwecks Vermeidung von Temperaturschwankungen mittels einer geeigneten Vorrichtung in ein Ölbad eingetaucht. Im Zweige 2 der Prüfkreisschaltung lag ein Reihenwiderstandskasten W mit Stöpselschaltung von der Firma: O. Wolff-Berlin. w_3 und w_4 waren von Siemens & Halske gelieferte Manganinwiderstände mit Stöpselschaltung. Ausser ihnen befanden sich in den Brückenzweigen 3 und 4 noch die Kupferdrosselspulen D_3 und D_4, welche verhindern sollten, dass die an den Barretter gelegte elektrische Schwingung sich auch den übrigen Brückenzweigen mitteilte. Dem gleichen Zwecke dienten die in den Batteriezweig und in den Galvanometerzweig gelegten Drosselspulen D_5 und D_6. Die Brückenzweige 3 und 4 verband ein blanker Draht m aus Manganin, welcher mittels eines auf ihm verschiebbaren Hg-Kontaktes c mit dem Galvanometer Sp. G. der Brücke in Verbindung stand und ein Konstanthalten der Brücken-Null-Lage ermöglichte. Der Batteriestrom wurde mit einem Milli-Volt- und Amperemeter Amp. (Siemens & Halske) gemessen und konnte mittels eines Vorschaltwiderstandes w und eines Spannungsteilers Sp. (mit festen Kontakten) so reguliert werden, dass das im Brückenzweige 1 liegende Zeigergalvanometer Z. G. den gewünschten Barretterstrom i_B anzeigte. Vorschaltwiderstand sowohl wie Spannungsteiler waren aufgehängt, um Kontaktänderungen, gegen welche die Brücke äusserst empfindlich war, möglichst zu vermeiden.

Der Normalkreis war wie der Prüfkreis geschaltet. Die ganze Anordnung war indessen kompendiös in einen Kasten eingebaut. Die Drosselspulen D_3, D_4, D_5 waren aus dem seines geringen Temperaturkoeffizienten wegen sehr geeigneten Manganin gefertigt; sie waren in gleichem Wicklungssinn auf eine Holzrolle gewickelt. W, w_3 und w_4 waren auf Porzellanrollen gewickelte Manganinwiderstände. Der Barretter hing in einem mit Öl gefüllten Gefäss. Es war ein 0,00315 mm Pt-Barretter, der bei $i_B = 2 \times 10^{-3}$ Amp. einen Widerstand von 340 Ω und bei seinem $i_B\,(\text{opt}) = 0{,}63 \times 10^{-3}$ Amp. einen solchen von 177 Ω hatte. Bei der gewöhnlich verwendeten Kopplung und unter Benutzung eines Spiegelgalvanometers von Siemens & Halske, dessen bewegliches System einen Widerstand von 30 Ω hatte, gab er einen mittleren Ausschlag von 70 Skalenteilen, wenn der Schwingungskreis III. mit dem Schwingungskreise II. in Resonanz war. Sechs ausserhalb der Barretterkombination angebrachte Klemmen ermöglichten den Anschluss an die Batterie E, an das Spiegelgalvanometer Sp. G., an die Schwingung und an ein Strommessinstrument (157 Ω; $1^0 = 5{,}9 \times 10^{-6}$ Amp.) der Firma: Hartmann & Braun A. G.-Frankfurt a. M. Zeigte dieses einen Ausschlag von 10^0, so war die Barretterkombination für i_B (opt) abgeglichen. Geringe Nullpunktsschwankungen konnten durch eine Hg-Kontaktbrücke, ähnlich der im Prüfkreis verwendeten, korrigiert werden.

Es möge hier angefügt werden, dass mit Barretterkombinationen in der Form der soeben beschriebenen Normalbarretterkombination sowohl in der Empfangsstation I. (Halle-Cröllwitz), als auch in der Empfangsstation II. (Wallwitz), welche bezw. 375 m und 8000 m von der Sendestation: Halle-Cröllwitz entfernt liegen, seit einiger Zeit quantitativ sehr gut gearbeitet wird. Durch sie sind die früher mehrfach verwendeten Doppelbarretterkombinationen[1]) ersetzt worden. Dieselben waren insofern nicht einwandfrei, als auch der im Zweige 2 der Brückenschaltung liegende Barretter durch den einen Pol der an den Barretter des ersten Brückenzweiges gelegten Schwingung beeinflusst wurde und somit die Erwärmung des „Schwingungsbarretters“ nicht allein für die Ablenkung des Brückengalvanometers massgebend war.

1) K. E. F. Schmidt: Beiträge zur Kenntnis des Barretters. Phys. Z. S. 7, 642—644, 1906.

IV.

Die Methode, nach der ich bei meinen Untersuchungen zur Beantwortung der Frage nach der Abhängigkeit der Barretterempfindlichkeit von Drahtdurchmesser und Schleifenlänge zunächst verfuhr, ist folgende:

Der in ein Ölbad eingesenkte zu untersuchende Barretter wurde in den Zweig 1 des Prüfkreises geschaltet. In dem im zweiten Zweige liegenden Wolffkasten wurden so viel Ohm gezogen, dass nahezu der Widerstand erreicht war, den der Prüfbarretter beim günstigsten Stromwert, bei i_B (opt), hatte. Dieses i_B (opt) konnte annähernd einer von Herrn Rautenkrantz aufgestellten Kurve entnommen werden, welche i_B (opt) als Funktion des bei $i_B = 3{,}75 \times 10^{-3}$ Amp. gemessenen Barretterwiderstandes darstellte. Die Brücke wurde nun für ein bestimmtes i_B zunächst mit einem weniger empfindlichen Galvanometer abgeglichen und zwar so, dass die Summe der im dritten und vierten Zweige liegenden Widerstände w_3 und w_4 möglichst konstant gleich 80 Ω gemacht wurde. — Ich werde auf diesen Punkt im zweiten Teile der vorliegenden Arbeit nochmals zurückkommen. — Eine genauere Abgleichung der Brücke erfolgte sodann unter Benutzung des zwischen den Zweigen 3 und 4 ausgespannten Brückendrahtes mittels Spiegelgalvanometers von Siemens & Halske, und zwar unter Verwendung des beweglichen Systems mit einem Widerstande $g_w = 30\ \Omega$.

Nach der in vorstehender Weise vorgenommenen Abgleichung des Prüfkreises erfolgte durch Veränderung der Kapazität im dritten Schwingungskreise zunächst die Aufnahme einer Resonanzkurve mit dem konstant auf seine günstigste Wirkung eingestellten Normalbarretter. Daran anschliessend wurde eine Resonanzkurve mit dem Prüfbarretter und schliesslich wieder eine solche mit dem Normalbarretter aufgenommen. Der aus der entsprechenden Resonanzkurve abgelesene Maximalausschlag des Prüfbarretters war so zwischen zwei vom Normalbarretter gegebenen Maximalausschlägen eingeschlossen und konnte mit einem gewissen Mittelwert aus beiden verglichen werden. Dadurch wurde auch in dem Falle, wo geringe durch Änderung der Tourenzahl der Teslamaschine bedingte Energieschwankungen eintraten, eine hinreichende Genauigkeit in der Beobachtung erzielt. Die Untersuchung wurde in vorstehender Weise fortgesetzt für mehrere i_B-Werte in der Nähe des aus der oben erwähnten Kurve annähernd entnommenen i_B (opt). Wurden sodann die jeweilig gewonnenen Maximalausschläge des Prüfbarretters nach ihrer wegen Intensitätsänderungen in der Schwingung notwendigen Reduktion auf einen bestimmten Normalbarretterausschlag[1]) in Abhängigkeit der zugehörigen i_B-Werte dargestellt, so resultierte eine Kurve, aus welcher einerseits der genaue Wert für i_B (opt), andererseits der unter den gegebenen Bedingungen grösstmögliche Ausschlag, die Empfindlichkeit des untersuchten Barretters entnommen werden konnte. Die Darstellung der Empfindlichkeiten mehrerer Barretter derselben Drahtserie als Funktionen der betreffenden bei einem bestimmten i_B gemessenen Barretterwiderstände musste sodann unter normalen Umständen eine Kurve liefern, welche im Vergleich mit für andere Drahtserien in gleicher Weise ermittelten Kurven der Beantwortung der Frage nach der Abhängigkeit der Barretterempfindlichkeit von Drahtdurchmesser und Schleifenlänge dienen konnte.

Nachdem nun bereits verschiedene derartige Kurven vorlagen, stiegen in mir berechtigte Zweifel hinsichtlich der Richtigkeit derselben auf. Denn angestellte Kontrollbeobachtungen zeitigten, wie aus nachstehender Tabelle (S. 18) zu ersehen ist, bezüglich der Empfindlichkeit der einzelnen Barretter von Tag zu Tag andere Ergebnisse.

Nach langem Hin- und Hersuchen und nach tagelangem Beobachten des Verhältnisses:

$$\frac{\alpha_{max}\ (\text{Prüfbarretter})\ \text{bei}\ i_B\ (\text{opt})}{\alpha_{max}\ (\text{Normalbarretter})} = \varrho$$

wurde schliesslich konstatiert, dass dies Verhältnis nicht konstant war. Als Ursache für seine Inkonstanz

1) Ich reduzierte konstant auf den mittleren Ausschlag des Normalbarretters von 70 Skalenteilen.

erwies sich die grosse Empfindlichkeit des Prüfkreises gegen Änderung der Verbindungskontakte, von denen dieser Kreis seiner ganzen Anordnung nach eine Anzahl besitzen musste, während im Normalkreis alles gelötet werden konnte.

Tabelle V.

No. des Barretters	Zeit der Beobachtung	i_B (opt)	α_{max} bei i_B (opt) auf einen Normalbarretterausschlag von 70 Sklt bezogen
91	18. II. 08 6^{15} h nachm.	$0{,}60 \times 10^{-3}$ Amp.	115,5 Sklt
	19. II. 08 10^{15} h vorm.	$0{,}60 \times 10^{-3}$ Amp.	108,0 „
101	2. V. 08 8^{45} h vorm.	$1{,}545 \times 10^{-3}$ Amp.	141,6 „
	2. V. 08 4^{30} h nachm.	$1{,}545 \times 10^{-3}$ Amp.	146,2 „
102	2. V. 08 6^{45} h nachm.	$0{,}82 \times 10^{-3}$ Amp.	152,8 „
	6. V. 08 3 h nachm.	$0{,}82 \times 10^{-3}$ Amp.	147,2 „

Ich musste daher in der bislang verwandten Beobachtungsmethode eine Änderung eintreten lassen, die geeignet war, mich von diesen von Tag zu Tag wechselnden Zuständen der Brücke unabhängig zu machen. Ich erreichte dies auf folgende Weise:

Ich nahm zunächst eine Resonanzkurve mit dem Normalbarretter auf, daran anschliessend eine solche mit einem bestimmten in die Prüfanordnung eingeschalteten Vergleichsbarretter und schliesslich wieder eine solche mit dem Normalbarretter. — Der Vergleichsbarretter war der Barretter No. 101 der 0,00315 mm Pt-Barretter-Serie. Der Prüfkreis war für sein i_B (opt), das zu $1{,}545 \times 10^{-3}$ Amp. bestimmt war, abgeglichen. — Ich ermittelte also auf diese Weise das Verhältnis:

$$\frac{\alpha_{max}\ (\text{Vergleichsbarretter})\ \text{bei}\ i_B\ (\text{opt})}{\alpha_{max}\ (\text{Normalbarretter})} = \mu.$$

Jetzt schaltete ich einen anderen Barretter an Stelle des Vergleichsbarretters in den Prüfkreis. Seine Untersuchung nahm den Seite 17 beschriebenen Gang und lieferte als Resultat die auf einen Normalbarretterausschlag von 70 Skalenteilen reduzierte Empfindlichkeit des Prüfbarretters. Am Schluss dieser Untersuchung, d. h. etwa nach drei Stunden, bestimmte ich wieder das Verhältnis μ in der angegebenen Weise.

Es stellte sich, wie einige in Tabelle VI enthaltene Beispiele zeigen, heraus, dass μ zwar noch von Tag zu Tag andere Werte annahm, während einer fortlaufenden Beobachtung indessen sehr schön konstant blieb. Kamen während einer zusammenhängenden Versuchsreihe geringe Änderungen vor, so nahm ich den Mittelwert aus dem zu Beginn und dem zum Schluss derselben bestimmten μ und erhielt so einen Wert:

$$\mu_{\text{Mittel}} = \frac{\mu_\alpha + \mu_\beta}{2}.$$

Tabelle VI.

Zeit der Beobachtung	α_{max} (Vergleichsbarretter) bei i_B (opt)	α_{max} (Normalbarretter)	μ	μ_{Mittel}
3. IV. 08 4^{30} h nachm.	153,0 Sklt	78,0 Sklt	1,962	1,964
↓ 8^{45} h nachm.	143,0 „	72,75 „	1,966	
5. IV. 08 1^{45} h nachm.	164,5 „	91,0 „	1,81	1,815
↓ 4^{20} h nachm.	158,0 „	86,75 „	1,82	
10. V. 08 12^{30} h nachts	152,0 „	65,0 „	2,34	2,3375
↓ 2^{50} h nachts	151,5 „	65,0 „	2,335	

Nunmehr stellte ich folgende Überlegung an:

Die in vorstehender Weise vorgenommene Untersuchung liefert eine dem Verhältnis

$$\mu_{Mittel} = \frac{\mu_\alpha + \mu_\beta}{2}$$

entsprechende auf einen Normalbarretterausschlag von 70 Skalenteilen bezogene Empfindlichkeit des Prüfbarretters. Da sich, wie Tabelle VI zeigt, dieses Verhältnis μ_{Mittel} von Tag zu Tag ändert, so ist noch eine Reduktion dieser Empfindlichkeit auf ein konstantes Verhältnis μ notwendig, wenn die Barretteruntersuchungen hinsichtlich der Barretterempfindlichkeit miteinander vergleichbare Resultate liefern sollen.

Ich wählte als konstantes Verhältnis, auf das ich die von Tag zu Tag ermittelten Barretterempfindlichkeiten reduzierte, die Zahl 2, weil, wie aus Tabelle VI ersichtlich ist, die μ-Werte um 2 herum schwankten.

Ein Beispiel wird geeignet sein, die soeben angegebene Methode zu verdeutlichen:

Ich ermittelte am 15. V. 08 9^h nachm. das Verhältnis:

$$\frac{\alpha_{max}\text{ (Vergleichsbarretter) bei } i_B\text{ (opt)}}{\alpha_{max}\text{ (Normalbarretter)}} = \mu_\alpha$$

zu 1,904. Den gleichen Wert erzielte ich 11^{30} h nachm.

Es war also $\mu_{Mittel} = 1{,}904$.

In der Zeit von 9^h bis 11^{30} h untersuchte ich den Barretter No. 69a der 0,0035 mm Pt-Barretter-Serie. Aus der nach Darlegung Seite 17 gefundenen Empfindlichkeitskurve entnahm ich einen Maximalausschlag von 163,2 Skalenteilen. Dem Verhältnis $\mu_{Mittel} = 1{,}904$ entsprach somit eine auf einen Normalbarretterausschlag von 70 Skalenteilen bezogene Empfindlichkeit des Barretters No. 69a von 163,2 Skalenteilen. Dem konstanten Verhältnis $\mu = 2$ musste folglich eine solche von $\frac{163{,}2}{1{,}904} \times 2 = 171{,}5$ Skalenteilen entsprechen.

Da sämtliche Barretteruntersuchungen in der angegebenen Weise vorgenommen wurden, so mussten nunmehr durch Darstellung der Barretterempfindlichkeiten als Funktionen der bei einem bestimmten i_B gemessenen Widerstände für die verschiedenen Barretterserien einwandfreie Kurven entstehen.

V.

Die Resultate meiner Untersuchungen sind in den Tabellen VII bis X zusammengestellt.

Tabelle VII.

0,00315 mm Pt-Barretter-Serie.

i_B gemessen in 10^{-3} Amp.	α_{max} (Prüfbarretter)	α_{max} (Normalbarretter)	α_{max} (Prüfb.) auf einen Normalb.-Ausschlag von 70 Sklt bezogen	i_B (opt)	A[1]
Barretter No. 107	w_B bei 2×10^{-3} Amp. = 508,5 Ω w_B „ i_B (opt) = 234,0 „				
0,197	40,0 Sklt	70,2 Sklt	39,9 Sklt		
0,299	54,5 „	69,5 „	54,8 „		
0,406	62,0 „	68,8 „	63,0 „	0,47	118,9 Sklt
0,500	63,0 „	68,8 „	64,1 „	$\times 10^{-3}$ Amp.	
0,612	58,0 „	68,9 „	59,0 „		
0,688	52,0 „	68,9 „	52,8 „		
Barretter No. 87	w_B bei 2×10^{-3} Amp. = 426,5 Ω w_B „ i_B (opt) = 221,0 „				
0,258	75,0 Sklt	71,0 Sklt	73,9 Sklt		
0,320	87,0 „	71,0 „	85,7 „		
0,396	97,0 „	71,0 „	95,6 „	0,52	112,8 Sklt
0,509	105,0 „	71,0 „	103,6 „	$\times 10^{-3}$ Amp.	
0,597	102,5 „	71,5 „	100,5 „		
0,702	90,5 „	72,0 „	87,9 „		
Barretter No. 91	w_B bei 2×10^{-3} Amp. = 368,0 Ω w_B „ i_B (opt) = 193,0 „				
0,314	78,0 Sklt	67,5 Sklt	80,9 Sklt		
0,397	91,0 „	67,2 „	94,9 „		
0,493	100,0 „	67,4 „	103,9 „	0,60	117,0 Sklt
0,597	102,5 „	67,4 „	106,4 „	$\times 10^{-3}$ Amp.	
0,702	99,0 „	67,5 „	102,5 „		
0,900	76,5 „	65,75 „	81,4 „		

1) A ist die auf einen bestimmten Normalbarretterausschlag von 70 Skalenteilen und auf das konstante Verhältnis $\mu = 2$ bezogene Barretterempfindlichkeit.

Tabelle VII. (Fortsetzung.)

i_B gemessen in 10^{-3} Amp.	α_{max} (Prüfbarretter)	α_{max} (Normal-barretter)	α_{max} (Prüfb.) auf einen Normalb.-Ausschlag von 70 Sklt bezogen	i_B (opt)	A
Barretter No. 98		w_B bei 2×10^{-3} Amp. = 329,5 Ω w_B „ i_B (opt) = 168,5 „			
0,385	98,5 Sklt	75,0 Sklt	91,9 Sklt		
0,500	118,0 „	71,5 „	115,5 „		
0,597	125,0 „	71,5 „	122,5 „	0,63	140,3 Sklt
0,665	125,0 „	72,0 „	121,5 „	$\times 10^{-3}$ Amp.	
0,735	124,1 „	71,7 „	121,0 „		
0,882	108,0 „	71,7 „	105,5 „		
Barretter No. 102		w_B bei 2×10^{-3} Amp. = 239,0 Ω w_B „ i_B (opt) = 139,0 „			
0,487	118,0 Sklt	81,0 Sklt	102,0 Sklt		
0,606	130,0 „	77,5 „	117,5 „		
0,705	132,5 „	74,5 „	124,6 „	0,82	145,2 Sklt
0,806	134,8 „	74,0 „	127,1 „	$\times 10^{-3}$ Amp.	
0,904	131,6 „	73,25 „	125,8 „		
1,07	125,5 „	72,5 „	121,2 „		
Barretter No. 100		w_B bei 2×10^{-3} Amp. = 159,0 Ω w_B „ i_B (opt) = 108,5 „			
0,95	127,0 Sklt	74,5 Sklt	119,3 Sklt		
1,092	131,5 „	74,5 „	123,5 „		
1,191	132,5 „	74,0 „	125,2 „	1,18	139,6 Sklt
1,295	130,0 „	74,0 „	123,0 „	$\times 10^{-3}$ Amp.	
1,42	124,5 „	73,5 „	118,7 „		
1,48	122,7 „	74,0 „	116,0 „		
Barretter No. 94		w_B bei 2×10^{-3} Amp. = 154,0 Ω w_B „ i_B (opt) = 110,0 „			
0,78	102,0 Sklt	64,75 Sklt	110,2 Sklt		
0,895	109,0 „	64,6 „	118,0 „		
0,995	112,0 „	64,4 „	121,7 „	1,145	137,7 Sklt
1,14	114,5 „	64,8 „	123,6 „	$\times 10^{-3}$ Amp.	
1,29	112,0 „	65,0 „	120,7 „		
1,416	104,5 „	65,0 „	112,5 „		
Barretter No. 108		w_B bei 2×10^{-3} Amp. = 126,0 Ω w_B „ i_B (opt) = 92,0 „			
1,07	143,0 Sklt	80,5 Sklt	124,2 Sklt		
1,19	152,0 „	81,0 „	131,2 „		
1,319	153,8 „	79,5 „	135,2 „	1,42	—
1,415	149,0 „	76,8 „	135,7 „	$\times 10^{-3}$ Amp.	
1,514	147,5 „	76,5 „	134,9 „		
1,615	141,0 „	76,0 „	129,8 „		

Tabelle VII. (Fortsetzung.)

i_B gemessen in 10^{-3} Amp.	α_{max} (Prüfbarretter)	α_{max} (Normalbarretter)	α_{max} (Prüfb.) auf einen Normalb.-Ausschlag von 70 Sklt bezogen	i_B (opt)	A
Barretter No. 101	w_B bei 2×10^{-3} Amp. = 113,5 Ω w_B „ i_B (opt) = 94,5 „				
0,90	99,0 Sklt	70,3 Sklt	98,5 Sklt		
1,352	125,5 „	71,7 „	122,5 „		
1,465	128,5 „	72,0 „	125,0 „	1,545	140,0 Sklt
1,578	131,0 „	72,7 „	126,0 „	$\times 10^{-3}$ Amp.	
1,71	130,0 „	74,0 „	123,0 „		
2,03	114,0 „	77,0 „	104,0 „		
Barretter No. 105	w_B bei 2×10^{-3} Amp. = 78,0 Ω w_B „ i_B (opt) = 78,0 „				
1,675	117,5 Sklt	74,0 Sklt	111,2 Sklt		
1,90	121,6 „	74,5 „	114,2 „		
1,995	123,0 „	74,75 „	115,2 „	2,0	130,0 Sklt
2,11	122,5 „	74,6 „	114,9 „	$\times 10^{-3}$ Amp.	
2,218	121,0 „	74,3 „	113,9 „		
2,35	116,5 „	74,4 „	109,6 „		

Tabelle VIII.

0,00525 mm Pt-Barretter-Serie.

i_B gemessen in 10^{-3} Amp.	α_{max} (Prüfbarretter)	α_{max} (Normalbarretter)	α_{max} (Prüfb.) auf einen Normalb.-Ausschlag von 70 Sklt bezogen	i_B (opt)	A
Barretter No. 33b	w_B bei 2×10^{-3} Amp. = 316,0 Ω w_B „ i_B (opt) = 167,0 „				
—	—	—	—	0,66 $\times 10^{-3}$ Amp.	
Barretter No. 27a	w_B bei 2×10^{-3} Amp. = 308,0 Ω w_B „ i_B (opt) = 207,5 „				
0.40	69,6 Sklt	87,0 Sklt	56,0 Sklt		
0,467	74,0 „	88,0 „	58,8 „		
0,583	77,0 „	88,0 „	61,25 „	0,60	63,7 Sklt
0,685	76,5 „	88,5 „	60,5 „	$\times 10^{-3}$ Amp.	
0,791	73,0 „	87,5 „	58,4 „		
0,897	66,0 „	86,5 „	53,4 „		

Tabelle VIII. (Fortsetzung.)

i_B gemessen in 10^{-3} Amp.	α_{max} (Prüfbarretter)	α_{max} (Normalbarretter)	α_{max} (Prüfb) auf einen Normalb.-Ausschlag von 70 Sklt bezogen	i_B (opt)	A
Barretter No. 42a			w_B bei 2×10^{-3} Amp. = 171,5 Ω w_B „ i_B (opt) = 115,5 „		
0,796	142,5 Sklt	84,25 Sklt	118,3 Sklt		
0,918	153,5 „	85,0 „	126,3 „		
1,0	153,5 „	84,25 „	127,5 „	1,02	136,0 Skl t
1,109	152,5 „	85,0 „	125,6 „	$\times 10^{-3}$ Amp.	
1,14	150,6 „	85,0 „	124,0 „		
1,222	143,0 „	85,0 „	117,8 „		
Barretter No. 29a			w_B bei 2×10^{-3} Amp. = 131,0 Ω w_B „ i_B (opt) = 101,0 „		
0,998	155,0 Skl t	78,0 Skl t	139,1 Skl t		
1,12	157,2 „	77,5 „	142,0 „		
1,191	160,0 „	79,25 „	141,2 „	1,28	139,0 Skl t
1,297	159,5 „	77,75 „	143,6 „	$\times 10^{-3}$ Amp.	
1,422	153,0 „	77,5 „	138,2 „		
1,626	140,5 „	77,25 „	127,3 „		
Barretter No. 42			w_B bei 2×10^{-3} Amp. = 83,5 Ω w_B „ i_B (opt) = 76,0 „		
1,57	132,9 Skl t	71,0 Skl t	131,0 Skl t		
1,68	135,0 „	71,5 „	132,0 „		
1,802	136,0 „	72,0 „	132,2 „	1,80	141,0 Skl t
1.90	134,5 „	71,5 „	131,8 „	$\times 10^{-3}$ Amp.	
2,03	129,5 „	71,0 „	127,8 „		
2,19	128,5 „	71,0 „	126,8 „		
Barretter No. 33a			w_B bei 2×10^{-3} Amp. = 66,5 Ω w_B „ i_B (opt) = 68,0 „		
1,835	131,0 Skl t	85,0 Skl t	107,9 Skl t		
1,972	133,0 „	84,0 „	110,8 „		
2,099	130,5 „	82,75 „	110,4 „	2,1	117,5 Skl t
2,253	129,5 „	82,5 „	109,8 „	$\times 10^{-3}$ Amp.	
2,40	128,0 „	82,5 „	108,6 „		
2,58	125,5 „	82,5 „	106,5 „		
Barretter No. 45			w_B bei 2×10^{-3} Amp. = 54,5 Ω w_B „ i_B (opt) = 62,0 „		
2,08	96,5 Skl t	72,0 Skl t	93,9 Skl t		
2,27	100,5 „	72,5 „	97,2 „		
2,48	103,0 „	73,0 „	99,0 „	2,5	108,2 Skl t
2,75	101,5 „	73,0 „	97,2 „	$\times 10^{-3}$ Amp.	
3,0	96,5 „	73,0 „	92,7 „		

Tabelle VIII. (Fortsetzung.)

i_B gemessen in 10^{-3} Amp.	α_{max} (Prüfbarretter)	α_{max} (Normalbarretter)	α_{max} (Prüfb.) auf einen Normalb.-Ausschlag von 70 Sklt bezogen	i_B (opt)	A
Barretter No. 45			w_B bei 2×10^{-3} Amp. = 54,5 Ω w_B „ i_B (opt) = 62,0 „		
3,30	89,0 Sklt	73,0 Sklt	85,2 Sklt	2,5 $\times 10^{-3}$ Amp.	108,2 Sklt
3,57	80,5 „	73,0 „	77,2 „		
3,97	65,0 „	73,0 „	62,2 „		
4,31	55,5 „	73,5 „	52,9 „		
4,67	46,5 „	73,5 „	44,2 „		
Barretter No. 29			w_B bei 2×10^{-3} Amp. = 50,0 Ω w_B „ i_B (opt) = 59,5 „		
—	—	—	—	2,57 $\times 10^{-3}$ Amp.	
Barretter No. 27			w_B bei 2×10^{-3} Amp. = 32,0 Ω w_B „ i_B (opt) = —		
—	—	—	—	—	
Barretter No. 33			w_B bei 2×10^{-3} Amp. = 48,0 Ω w_B „ i_B (opt) = 55,0 „		
2,46	93,5 Sklt	71,0 Sklt	92,2 Sklt	2,7 $\times 10^{-3}$ Amp.	103,0 Sklt
2,61	100,5 „	72,5 „	97,2 „		
2,72	100,5 „	73,0 „	96,5 „		
2,90	100,5 „	73,5 „	95,9 „		
3,095	102,5 „	76,5 „	93,9 „		
3,36	96,0 „	76,5 „	87,9 „		
Barretter No. 48			w_B bei 2×10^{-3} Amp. = 26,5 Ω w_B „ i_B (opt) = —		
—	—	—	—	—	

Die Barretter 33b, 29, 27, 48 wurden bezüglich ihrer Empfindlichkeit nicht untersucht. i_B (opt) und w_B bei i_B (opt) wurden aus den Kurven Serte 30 und 31 entnommen.

Tabelle IX.

0,0035 mm Pt-Barretter-Serie I.

i_B gemessen in 10^{-3} Amp.	α_{max} (Prüfbarretter)	α_{max} (Normalbarretter)	α_{max} (Prüfb.) auf einen Normalb.-Ausschlag von 70 Sklt bezogen	i_B (opt)	A
Barretter No. 76a	w_B bei 2×10^{-3} Amp. = 445,5 Ω w_B „ i_B (opt) = 245,0 „				
0,298	98,5 Sklt	84,0 Sklt	82,2 Sklt	0,47 $\times 10^{-3}$ Amp.	133,1 Sklt
0,34	105,8 „	84,0 „	88,0 „		
0,404	112,5 „	84,0 „	94,0 „		
0,50	114,0 „	84,0 „	95,0 „		
0,54	110,5 „	84,0 „	92,0 „		
0,613	103,5 „	84,0 „	86,2 „		
Barretter No. 69a	w_B bei 2×10^{-3} Amp. = 223,0 Ω w_B „ i_B (opt) = 126,0 „				
0,632	176,5 Sklt	82.5 Sklt	149,8 Sklt	0,84 $\times 10^{-3}$ Amp.	171,5 Sklt
0,767	186,0 „	80,5 „	161,9 „		
0,832	179,5 „	77,0 „	163,1 „		
0,9025	185,5 „	80,5 „	161,4 „		
0,98	171,5 „	77,5 „	155,0 „		
1,03	160,5 „	78,5 „	143,1 „		
Barretter No. 71a	w_B bei 2×10^{-3} Amp. = 200,0 Ω w_B „ i_B (opt) = 123,5 „				
0,703	139,0 Sklt	88,0 Sklt	110,5 Sklt	0,935 $\times 10^{-3}$ Amp.	195,2 Sklt
0,83	145,5 „	86,0 „	118,5 „		
0,928	156,0 „	84,75 „	128,8 „		
1,01	150,0 „	84,5 „	124,2 „		
1,13	144,5 „	84,0 „	120,5 „		
1,17	138,0 „	84,0 „	115,0 „		
Barretter No. 73a	w_B bei 2×10^{-3} Amp. = 155,5 Ω w_B „ i_B (opt) = 109,0 „				
0,87	169,5 Sklt	80,0 Sklt	148,4 Sklt	1,13 $\times 10^{-3}$ Amp.	205,8 Sklt
0,995	187,5 „	85,0 „	154.5 „		
1,10	189,0 „	84,0 „	157,5 „		
1,153	176,0 „	78,5 „	157,0 „		
1,198	183.0 „	82,0 „	156,2 „		
1,30	175,0 „	80,5 „	152,3 „		
Barretter No. 74a	w_B bei 2×10^{-3} Amp. = 94,0 Ω w_B „ i_B (opt) = 82,0 „				
1,41	191,5 Sklt	85,0 Sklt	157,8 Sklt	1,67 $\times 10^{-3}$ Amp.	174,9 Sklt
1,585	196,5 „	84,5 „	162,9 „		
1,722	196,5 „	84,5 „	162,9 „		
1,788	192,5 „	84,5 „	159,5 „		
1,888	185,0 „	84,5 „	153,3 „		
2,02	173,8 „	84,5 „	144,0 „		

Tabelle IX. (Fortsetzung.)

i_B gemessen in 10^{-3} Amp.	α_{max} (Prüfbarretter)	α_{max} (Normalbarretter)	α_{max} (Prüfb.) auf einen Normalb.-Ausschlag von 70 Sklt bezogen	i_B (opt)	A
Barretter No. 71		w_B bei 2×10^{-3} Amp. = 88,0 Ω w_B „ i_B (opt) = 83,0 „			
1,50	153,0 Sklt	72,5 Sktl	147,6 Sktl		
1,598	157,5 „	73,0 „	150,9 „		
1,71	159,0 „	72,5 „	153,2 „	1,72	—
1,81	157,5 „	73,0 „	151,0 „	$\times 10^{-3}$ Amp.	
1,91	154,5 „	73,0 „	148,2 „		
2,01	149,0 „	73,0 „	142,8 „		
Barretter No. 73		w_B bei 2×10^{-3} Amp. = 87,5 Ω w_B „ i_B (opt) = 80,0 „			
1,52	154,0 Sklt	75,0 Sklt	143,8 Sklt		
1,61	158,0 „	75,0 „	147,3 „		
1,71	159,0 „	75,0 „	148,3 „	1,70	—
1,81	156,2 „	75,0 „	145,9 „	$\times 10^{-3}$ Amp.	
1,95	153,0 „	75,0 „	142,9 „		
2,0	149,0 „	75,0 „	139,0 „		
Barretter No. 75		w_B bei 2×10^{-3} Amp. = 77,0 Ω w_B „ i_B (opt) = 76,5 „			
1,605	158,0 Sklt	78,5 Sklt	141,0 Sklt		
1,705	162,5 „	78,0 „	145,8 „		
1,80	161,5 „	77,5 „	145,9 „	1,84	163,0 Sklt
1,90	159,5 „	76,5 „	145,9 „	$\times 10^{-3}$ Amp.	
2,02	153,0 „	76,0 „	141,0 „		
2,122	145,0 „	75,0 „	135,3 „		
Barretter No. 69		w_B bei 2×10^{-3} Amp. = 65,0 Ω w_B „ i_B (opt) = 68,5 „			
1,81	166,0 Sklt	65,5 Sklt	177,5 Sklt		
2,03	172,0 „	65,5 „	183,8 „		
2,135	172,5 „	65,5 „	184,4 „	2,13	158,0 Sklt
2,20	170,9 „	65,0 „	184,0 „	$\times 10^{-3}$ Amp.	
2,275	170,0 „	65,25 „	182,2 „		
2,42	163,0 „	65,0 „	175,5 „		
Barretter No. 76		w_B bei 2×10^{-3} Amp. = 56,0 Ω w_B „ i_B (opt) = 62,0 „			
1,96	128,5 Sklt	80,0 Sklt	112,5 Sklt		
2,115	128,5 „	77,75 „	115,8 „		
2,239	128,0 „	75,5 „	118,7 „	2,37	—
2,337	133,0 „	76,0 „	122,5 „	$\times 10^{-3}$ Amp.	
2,52	130,0 „	75,5 „	120,5 „		
2,65	126,0 „	74,5 „	118,2 „		

Tabelle IX. (Fortsetzung.)

i_B gemessen in 10^{-3} Amp.	α_{max} (Prüfbarretter)	α_{max} (Normalbarretter)	α_{max} (Prüfb.) auf einen Normalb.-Ausschlag von 70 Sklt bezogen	i_B (opt)	A
Barrretter No. 21		w_B bei 2×10^{-3} Amp. = 44,0 Ω w_B „ i_B (opt) = 54,5 „			
2,382	120,0 Sklt	76,75 Sklt	109,5 Sklt	2,8 $\times 10^{-3}$ Amp.	132,4 Sklt
2,575	122,5 „	75,75 „	113,1 „		
2,63	122,0 „	74,75 „	114,1 „		
2,80	121,0 „	72,3 „	117,1 „		
2,85	121,5 „	73,0 „	116,3 „		
2,905	120,0 „	72,0 „	116,6 „		

Für die Barretter 71, 73, 76 konnten die A-Werte nicht ermittelt werden, da dieselben nach ihrer ersten hinsichtlich der Empfindlichkeit nicht einwandfreien Untersuchung nicht mehr vorhanden waren.

Tabelle X.

0,0035 mm Pt-Barretter-Serie II.

i_B gemessen in 10^{-3} Amp.	α_{max} (Prüfbarretter)	α_{max} (Normalbarretter)	α_{max} (Prüfb.) auf einen Normalb.-Ausschlag von 70 Sklt bezogen	i_B (opt)	A
Barretter No. 301		w_B bei 2×10^{-3} Amp. = 300,0 Ω w_B „ i_B (opt) = 152,0 „			
0,498	107,5 Sklt	86,5 Sklt	86,9 Sklt	0,72 $\times 10^{-3}$ Amp.	—
0,597	117,0 „	86,0 „	95,3 „		
0,702	121,5 „	86,0 „	99,0 „		
0,805	120,0 „	86,0 „	97,5 „		
0,85	116,5 „	86,0 „	95,0 „		
0,905	110,5 „	86,0 „	97,5 „		
Barretter No. 305		w_B bei 2×10^{-3} Amp. = 270,0 Ω w_B „ i_B (opt) = 145,0 „			
—	—	—	—	0,76 $\times 10^{-3}$ Amp.	—
Barretter No. 300		w_B bei 2×10^{-3} Amp. = 244,0 Ω w_B „ i_B (opt) = 136,0 „			
—	—	—	—	0,82 $\times 10^{-3}$ Amp.	—
Barretter No. 304		w_B bei 2×10^{-3} Amp. = 239,0 Ω w_B „ i_B (opt) = 135,0 „			
—	—	—	—	0,83 $\times 10^{-3}$ Amp.	—

Tabelle X. (Fortsetzung.)

i_B gemessen in 10^{-3} Amp.	α_{max} (Prüfbarretter)	α_{max} (Normalbarretter)	α_{max} (Prüfb) auf einen Normalb.-Ausschlag von 70 Sklt bezogen	i_B (opt)	A
Barretter No. 302		w_B bei 2×10^{-3} Amp. = 233,0 Ω w_B „ i_B (opt) = 130,0 „			
0,641	150,5 Sklt	86,5 Sklt	121,9 Sklt	0,86 $\times 10^{-3}$ Amp.	138,5 Sklt
0,774	157,5 „	84,5 „	130,5 „		
0,9025	159,0 „	84,5 „	131,9 „		
0,97	156,9 „	84,5 „	130,0 „		
1,025	152,5 „	84,5 „	126,3 „		
1,12	144,5 „	84,5 „	119,8 „		
Barretter No. 306		w_B bei 2×10^{-3} Amp. = 213,0 Ω w_B „ i_B (opt) = 124,5 „			
0,708	91,0 Sklt	70.5 Sklt	90,4 Sklt	0,93 $\times 10^{-3}$ Amp.	—
0,806	97,0 „	70,5 „	96,4 „		
0,903	100,0 „	70,5 „	99,4 „		
1,023	99,5 „	70,5 „	98,7 „		
1,10	96,8 „	70,5 „	96,0 „		
1,16	94,0 „	70,5 „	93,4 „		
Barretter No. 303		w_B bei 2×10^{-3} Amp. = 154,0 Ω w_B „ i_B (opt) = 105,0 „			
1,062	104,5 Sklt	82,0 Sklt	89,3 Sklt	1,21 $\times 10^{-3}$ Amp.	—
1,128	108,5 „	82,0 „	92,8 „		
1,18	110,5 „	82,5 „	94,0 „		
1,22	110,5 „	82,0 „	94,5 „		
1,281	109,0 „	82,0 „	93.0 „		
1,402	106,0 „	82,5 „	89,9 „		
Barretter No. 308		w_B bei 2×10^{-3} Amp. = 128,0 Ω w_B „ i_B (opt) = 96,5 „			
1,19	96,0 Sklt	71,0 Sklt	94,7 Sklt	1,38 $\times 10^{-3}$ Amp.	—
1,288	99,0 „	71,5 „	96,9 „		
1,35	99,1 „	71,0 „	97,8 „		
1,412	99,5 „	71,5 „	97,4 „		
1,51	98,0 „	71,0 „	96.6 „		
1,605	96,0 „	70,8 „	94,8 „		
Barretter No. 307		w_B bei 2×10^{-3} Amp. = 121,5 Ω w_B „ i_B (opt) = 91,5 „			
1,281	98,5 Sklt	70,0 Sklt	98,5 Sklt	1,50 $\times 10^{-3}$ Amp.	—
1,411	101,0 „	70,0 „	101,0 „		
1,48	101,5 „	70,0 „	101,5 „		
1,615	102,0 „	71,0 „	100,5 „		
1,68	102,0 „	71,0 „	100,5 „		
1.788	97,5 „	71,0 „	96,0 „		

Tabelle X. (Fortsetzung.)

i_B gemessen in 10^{-3} Amp.	α_{max} (Prüfbarretter)	α_{max} (Normalbarretter)	α_{max} (Prüfb.) auf einen Normalb.-Ausschlag von 70 Sklt bezogen	i_B (opt)	A
Barretter No. 309		w_B bei 2×10^{-3} Amp. = 112,0 Ω w_B „ i_B (opt) = 91,5 „			
1,32	142,5 Sklt	71,5 Sklt	139,6 Sklt		
1,412	146,5 „	71,5 „	143,4 „		
1,486	148,0 „	72,0 „	143,9 „	1,50	
1,61	144,0 „	71,0 „	142,0 „	$\times 10^{-3}$ Amp.	—
1,70	143,0 „	70,5 „	141,9 „		
1,80	136,5 „	71,0 „	134,8 „		

Die Barretter 305, 300, 304 wurden bezüglich ihrer Empfindlichkeit nicht untersucht. i_B (opt) und w_B bei i_B (opt) derselben wurden aus den Kurven Seite 30 und 31 entnommen. Über das Fehlen der A-Werte ist Seite 32 berichtet.

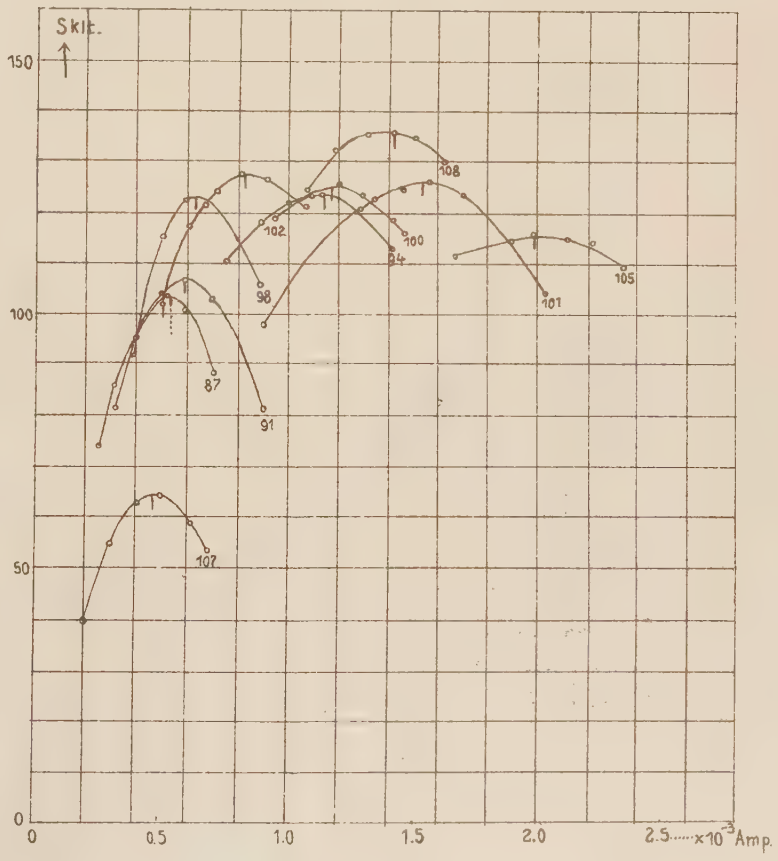
Für die 0,00315 mm Pt-Barretter-Serie sind die Empfindlichkeitskurven in der nachstehenden Figur 5 dargestellt:

Für die übrigen Barretter-Serien ergeben sich entsprechende Empfindlichkeitskurven.

Ein zweites Stromoptimum, welches frühere Untersuchungen[1]) ergaben, trat bei meinen Untersuchungen nicht auf, wie folgende Empfindlichkeitskurve (Figur 6) zeigt.

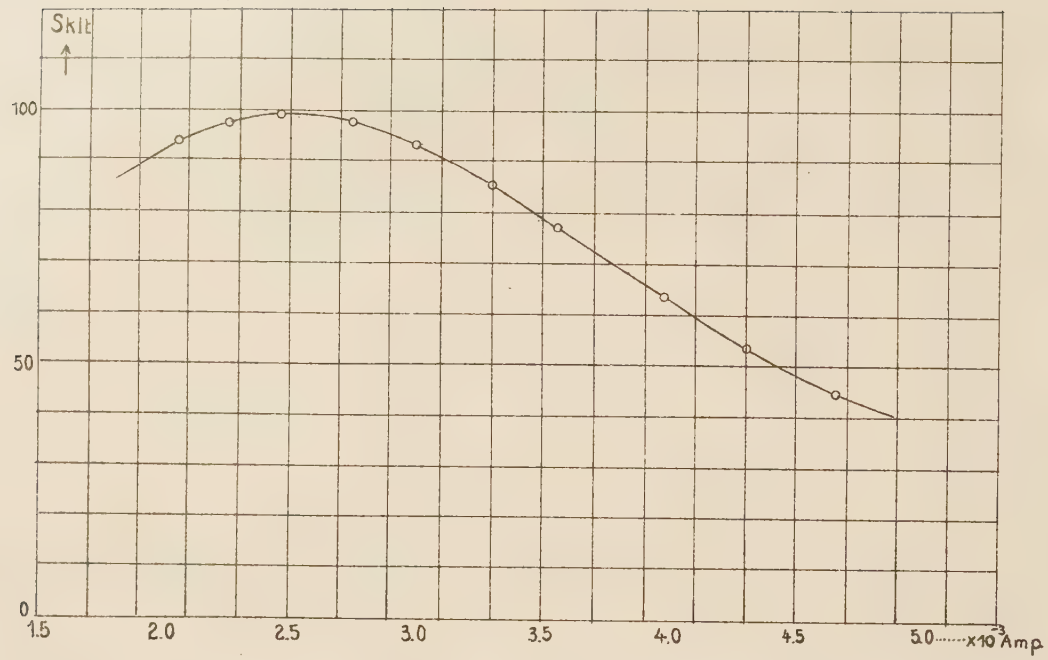
Dieselbe wurde, wie aus der Tabelle VIII ersichtlich ist, für den Barretter No. 45 der 0,00525 mm Pt-Barretter-Serie aufgenommen. Eine weitere Strombelastung war kaum noch möglich, da der Barretter bei $i_B = 4{,}67 \times 10^{-3}$ Amp. bereits glühte, was zu grossen Nullpunktsschwankungen Veranlassung gab.

Die Kurve (Figur 7) stellt die i_B (opt) der Barretter verschiedener Drahtserien in Abhängigkeit von den bei 2×10^{-3} Amp. Strombelastung gemessenen Barretterwiderständen dar. Aus ihr lässt sich i_B (opt) eines Barretters, dessen Widerstand bei 2×10^{-3} Amp. Strombelastung bekannt ist, mit hinreichender Genauigkeit ablesen. Die Kurve (Figur 8), welche durch Darstellung der i_B (opt) von Bar-

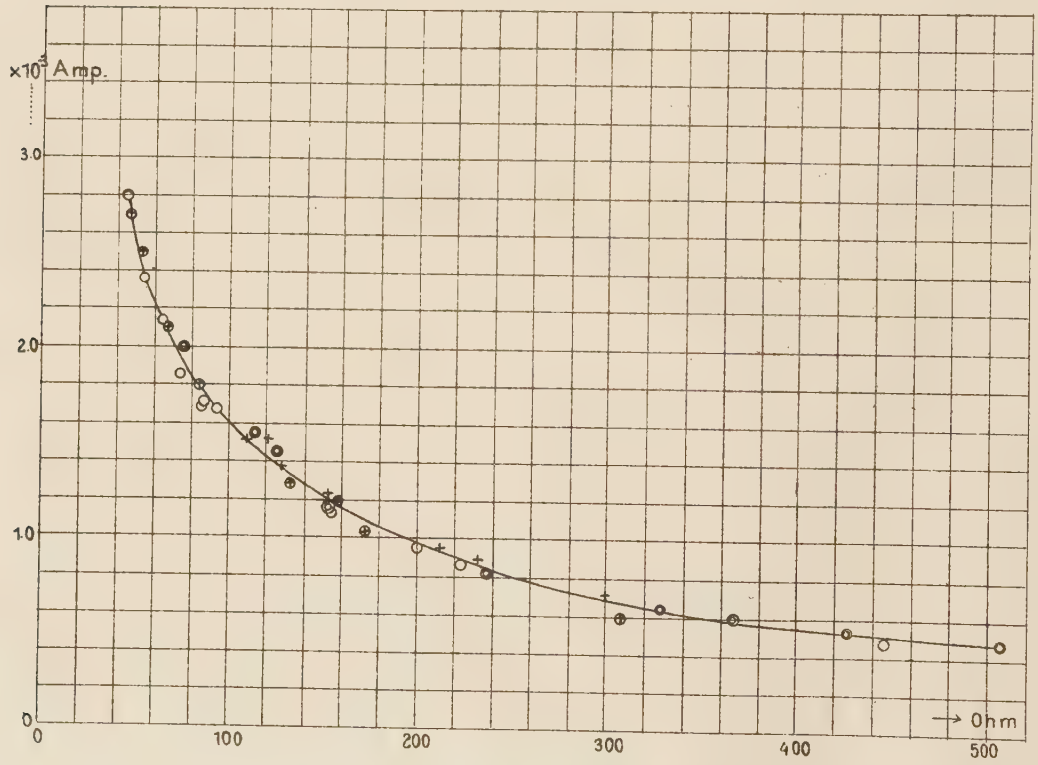


Figur 5. $\alpha_{max} = f(i_B)$.
Die eingezeichneten Striche bezeichnen die i_B (opt).

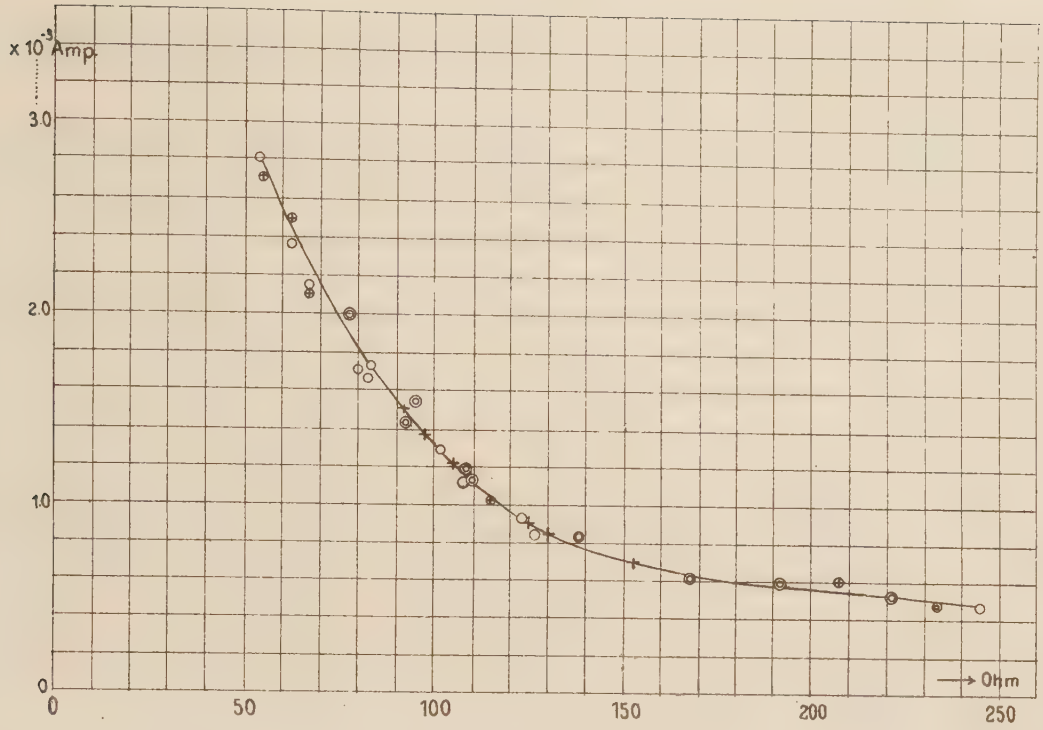
1) K. E. F. Schmidt: Studien zum Barretter. Phys. Z. S. 8, 604, 1907.



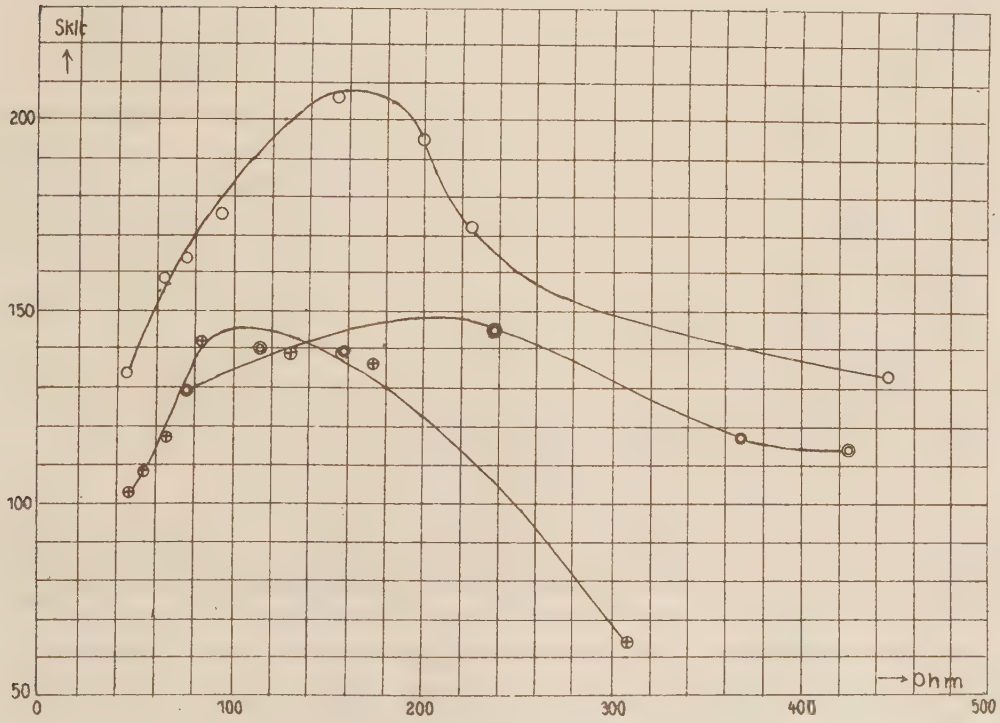
Figur 6. $\alpha_{max} = f(i_B)$.



Figur 7. i_B (opt) = f (w_B bei $i_B = 2 \times 10^{-3}$ Amp.).
⊙ = 0,00315 mm Pt-Barretter.
⊕ = 0,00525 „ „
○ = 0,0035 „ „ I.
\+ = 0,0035 „ „ II.



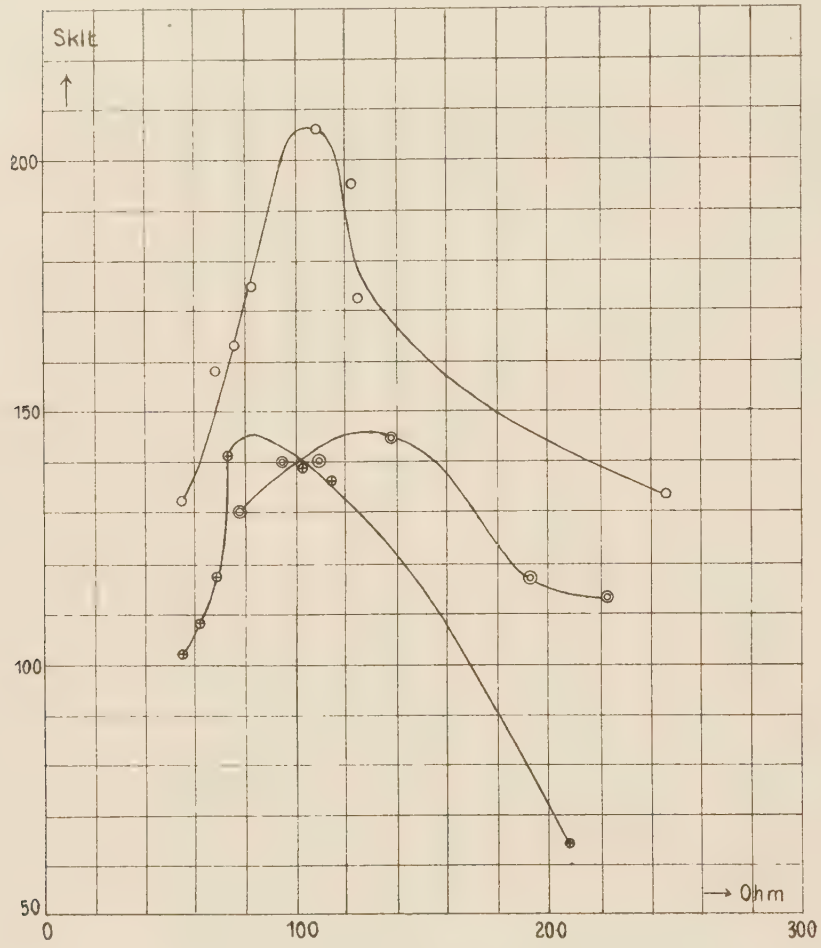
Figur 8. i_B (opt) = f (w_B bei i_B (opt)).
⊙ = 0,00315 mm Pt-Barretter.
⊕ = 0,00525 „ „
◯ = 0,0035 „ „ I.
+ = 0,0035 „ „ II.



Figur 9. A-Werte = f (w_B bei $i_B = 2 \times 10^{-3}$ Amp.)
⊙ = 0,00315 mm Pt-Barretter.
⊕ = 0,00525 „ „
◯ = 0,0035 „ „ I.

retten verschiedener Drahtserien als Funktionen der bei i_B (opt) nach der Brückenmethode gemessenen Barretterwiderstände gewonnen ist, ermöglicht es sodann, den Widerstand eines Barretters bei seinem i_B (opt) zu erhalten.

Die Hauptergebnisse der bisher mitgeteilten Untersuchungen liefern die in den Figuren 9 und 10 dargestellten Kurven, welche die A-Werte in Abhängigkeit von den bei 2×10^{-3} Amp. bezw. bei i_B (opt) gemessenen Barretterwiderständen zeigen.



Figur 10. A-Werte = f (w_B bei i_B (opt)).
◎ = 0,00315 mm Pt-Barretter.
⊕ = 0,00525 „ „
○ = 0,0035 „ „ I.

Für die 0,0035 mm Pt-Barretter-Serie II. konnten keine entsprechenden Kurven gezeichnet werden, da die zu ihr gehörigen Barretter nach der ersten in Bezug auf die Barretterempfindlichkeit nicht einwandfreien Untersuchung grösstenteils in feste Kombinationen eingebaut und somit einer nochmaligen Untersuchung entzogen waren.

Aus den in den Figuren 9 und 10 dargestellten Kurven ist sofort ersichtlich, dass die an die früheren Beobachtungen[1]) geknüpften Vermutungen keineswegs zutreffen.

Die Empfindlichkeit der Barretter erreicht für die einzelnen Drahtserien mit einem bestimmten Widerstande ein Maximum. Eine Abhängigkeit der Barretterempfindlichkeit vom Drahtdurchmesser scheint nicht zu bestehen.

Den Nachweis für die richtige Lage der in den Figuren 9 und 10 dargestellten Kurven zueinander und damit zugleich für die Brauchbarkeit der von mir benutzten Seite 18—19 beschriebenen Messmethode konnte ich durch die folgende Untersuchung erbringen.

Ich ermittelte am 6. IX. 08 8^h nachm. das Verhältnis:

$$\frac{\alpha_{max}\ (\text{Vergleichsbarretter})\ \text{bei}\ i_B\ (\text{opt})}{\alpha_{max}\ (\text{Normalbarretter})} = \mu_\alpha$$

in der üblichen Weise; und zwar diente als Normalbarretter der Barretter No. 45 der 0,00525 mm Pt-Barretter-Serie, da der früher benutzte Normalbarretter im Laufe der Zeit von einigen Monaten, welche seit dem Abschluss der im ersten Teile meiner Arbeit mitgeteilten Beobachtungen bis zur vorliegenden Untersuchung verstrichen war, zerstört wurde. Darauf glich ich den Prüfkreis für i_B (opt) der Barretter No. 75 und No. 29a ab und bestimmte deren Empfindlichkeit. Den Schluss der Untersuchung bildete wieder die Ermittlung des Verhältnisses:

$$\frac{\alpha_{max}\ (\text{Vergleichsbarretter})\ \text{bei}\ i_B\ (\text{opt})}{\alpha_{max}\ (\text{Normalbarretter})} = \mu_\beta.$$

1) K. E. F. Schmidt: Studien zum Barretter. Phys. Z. S. 8, 601—606, 1907.

Die nachstehende Tabelle enthält die Resultate:

Tabelle XI.

Zeit der Beobachtung	No. des Barretters	Drahtserie	Kreis	Aus den Resonanzkurven entnommene α_{max}	i_B (opt) in 10^{-3} Amp.	α_{max} (Prüfbarr.)	α_{max} (Normalbarr.)	α_{max} (Prüfbarr.) auf einen Normalbarretter-Ausschlag von 70 Sklt bezogen	$\mu = \frac{\alpha_{max}\text{ (Barr. 101)}}{\alpha_{max}\text{ (Normalb.)}}$	μ_{Mittel}	A-Werte	In den Tabellen VII. bis IX. enthaltene A-Werte
6. IX. 08			Norm.-Kr.	142,0 Skl								
8h nachm.	101	0,00315 mm-Pt	Prüf-Kr.	144,0 „	1,545	144,0	141,0	71,5 Skl	1,021		$\frac{71,5}{1,021}\times 2 = 140,0$ Skl	140,0 Skl
			Norm.-Kr.	140,0 „								
			Norm.-Kr.	145,0 „								
820 h nachm.	75	0,0035 mm-Pt	Prüf-Kr.	175,0 „	1,84	175,0	145,0	84,5 „			$\frac{84,5}{1,021}\times 2 = 162,8$ Skl	163,0 „
			Norm.-Kr.	145,0 „								
			Norm.-Kr.	145,0 „								
845 h nachm.	29a	0,00525 mm-Pt	Prüf-Kr.	147,0 „	1,281	147,0	145,0	70,9 „			$\frac{70,9}{1,021}\times 2 = 139,2$ Skl	139,0 „
			Norm.-Kr.	145,0 „								
			Norm.-Kr.	145,0 „								
910 h nachm.	101	0,00315 mm Pt	Prüf-Kr.	148,2 „	1,545	148,2	145,0	71,5 „	1,021	1,021	$\frac{71,5}{1,021}\times 2 = 140,0$ Skl	140,0 „
			Norm.-Kr.	145,0 „								

Die A-Werte stimmen mit den entsprechenden früher beobachteten und in den Tabellen VII. bis IX. enthaltenen sehr genau überein.

VI.

Im weiteren Teile der vorliegenden Arbeit ist von Untersuchungen die Rede, welche ich anstellte, um die zu den bisher mitgeteilten Beobachtungen benutzten Schwingungskreise etwas näher kennen zu lernen.

A.

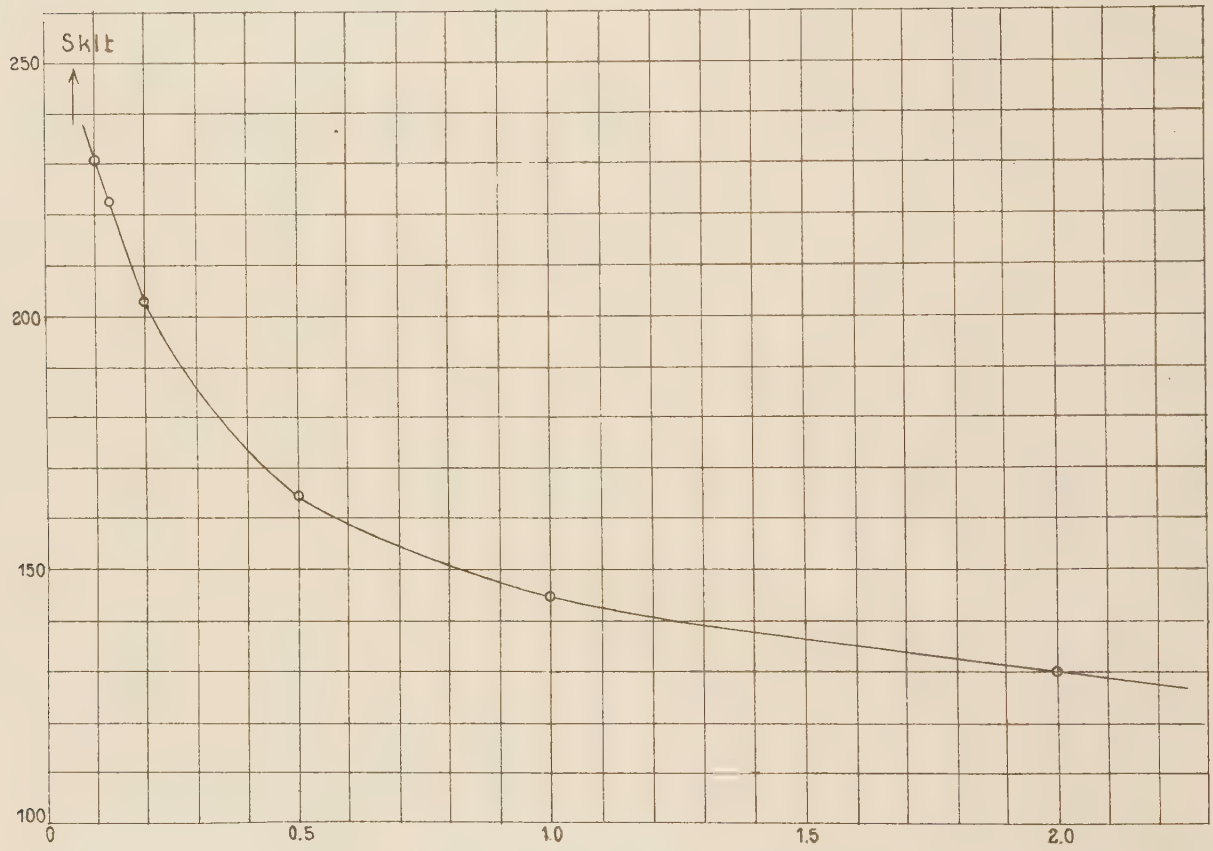
Es lag nahe, zunächst den Prüfkreis einer eingehenderen Betrachtung zu unterwerfen. Ich tat dies, indem ich feststellte:

1. die Abhängigkeit der Barretterempfindlichkeit von dem Verhältnis:

$$\frac{\text{Barretterwiderstand bei } i_B \text{ (opt)}}{\text{Widerstand W des Brückenzweiges 2}} = q;$$

2. die Abhängigkeit der Barretterempfindlichkeit von der Summe $(w_3 + w_4)$ der in den Brückenzweigen 3 und 4 liegenden Widerstände, und zwar:

a) während $q = {}^1/_1$,
b) „ $q = {}^1/_{10}$ war.



Figur 11. $\alpha_{max} = f(q)$.

Ad 1: Als Prüfbarretter diente der Barretter No. 101 der 0,00315 mm Pt-Barretter-Serie. Derselbe hatte bei seinem i_B (opt) $= 1{,}545 \times 10^{-3}$ Amp. einen Widerstand von 94,5 Ω.

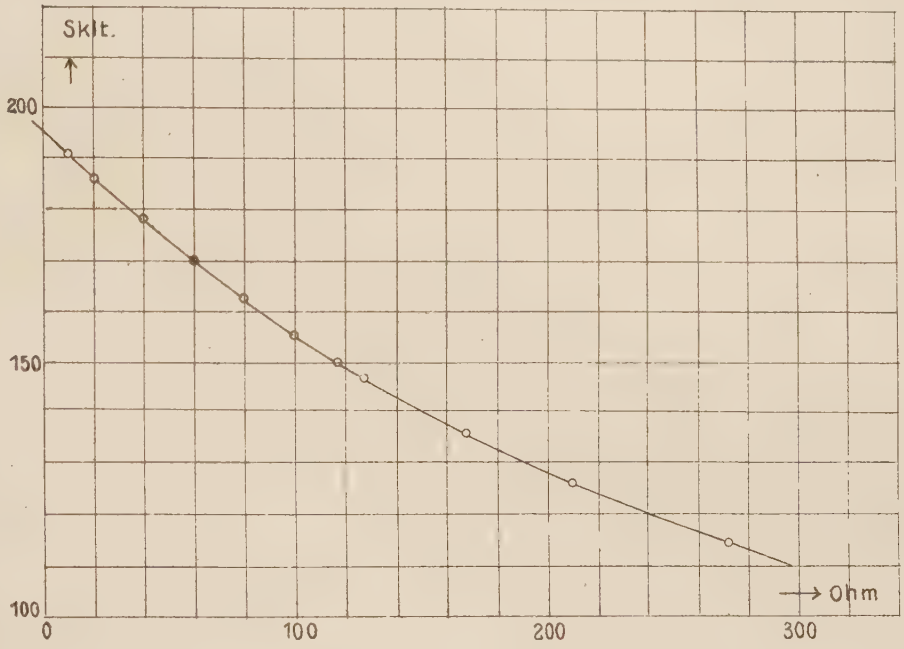
Es wurde nacheinander das Verhältnis q von 2 über 1, ${}^1/_2$, ${}^1/_5$, ${}^1/_8$ bis zu ${}^1/_{10}$ verkleinert, während der Prüfkreis stets für i_B (opt) $= 1{,}545 \times 10^{-3}$ Amp. abgeglichen und die Summe $(w_3 + w_4)$ konstant gleich 80 Ω gemacht wurde. In jedem Falle wurde zunächst eine Resonanzkurve mit dem Normalbarretter, daran anschliessend eine solche mit dem Prüfbarretter und schliesslich wieder eine solche mit dem Normalbarretter aufgenommen. Wurden sodann die aus den betreffenden Resonanzkurven entnommenen auf einen bestimmten Normalbarretterausschlag bezogenen Prüfbarretter-Maximalausschläge in Abhängigkeit von dem jeweiligen Verhältnis q dargestellt, so resultierte die in Figur 11 wiedergegebene Kurve.

Aus ihr ist ersichtlich, dass mit dem Übergang von dem Verhältnis $q = {}^1/_1$ zu dem Verhältnis $q = {}^1/_{10}$ eine Zunahme der Barretterempfindlichkeit von rund 58% verknüpft ist. Es war auf diese Weise durch den Versuch annähernd bestätigt, was Herr Dr. Zöllich auf rechnerischem Wege und zwar auf Grund theoretischer Betrachtungen der Wheatstoneschen Brücke ermittelt hatte.

Ad 2a: Als Prüfbarretter wurde wiederum der 0,00315 mm Pt-Barretter No. 101 benutzt. Der Prüfkreis wurde ständig für dessen $i_B\,(opt) = 1{,}545 \times 10^{-3}$ Amp. abgeglichen, während das Verhältnis q konstant gleich ${}^1/_1$ war und der Summe $(w_3 + w_4)$ der in den Brückenzweigen 3 und 4 befindlichen Widerstände der Reihe nach die Werte:

80,3 Ohm
9,5 „
19,1 „
39,6 „
60,5 „
80,3 „
100,0 „
117,4 „
127,0 „
168,0 „
210,0 „
271,6 „
80,3 „

gegeben wurden.

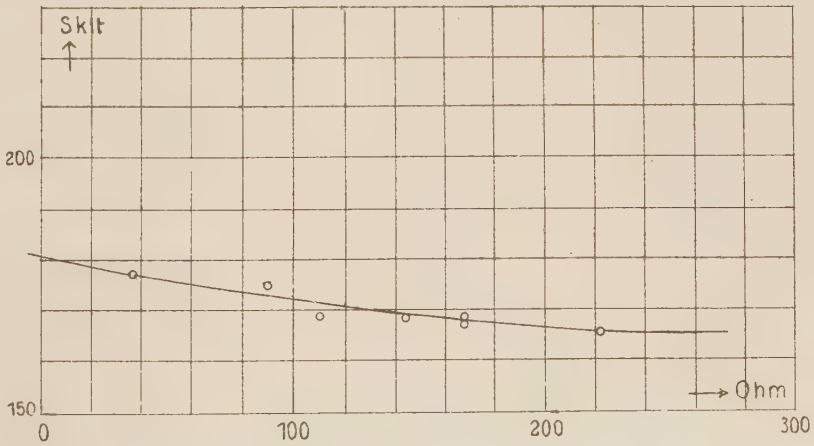


Figur 12. $\alpha_{max} = f\,(w_3 + w_4)$.

In jedem Falle wurden in bekannter Weise die Resonanzkurven aufgenommen. Die Darstellung der aus den betreffenden Resonanzkurven abgelesenen auf einen bestimmten Normalbarretterausschlag bezogenen Prüfbarretter-Maximalausschläge als Funktionen der zugehörigen Werte für $(w_3 + w_4)$ lieferte die Kurve der Figur 12.

Sie lehrt, dass unter den gegebenen Bedingungen eine Verkleinerung der Summe $(w_3 + w_4)$ von 270 Ω auf 10 Ω eine Zunahme der Barretterempfindlichkeit von rund 65% im Gefolge hat.

Bei der Durchführung der im ersten Teile meiner Arbeit mitgeteilten Untersuchungen wurde der Prüfkreis stets so abgeglichen, dass das Verhältnis q nahezu $= {}^1/_1$ war und die Summe $(w_3 + w_4)$ möglichst den konstanten Wert von 80 Ω hatte. Es geschah dies, weil es bei einer relativen Vergleichung der verschiedenen Barretter hinsichtlich ihrer Empfindlichkeit nicht beabsichtigt war, grösstmögliche Ausschläge des Brückengalvanometers zu erzielen und weil der Übergang zu einem Brückenverhältnis mit einseitig sehr kleinem Widerstand eventuell auf Kosten einer guten Konstanz der Brücken-Null-Lage vollzogen wurde.



Figur 13. $\alpha_{max} = f\,(w_3 + w_4)$.

Ad 2b: Die Versuchsbedingungen erfuhren gegenüber den im vorigen Falle bestehenden nur insofern eine Änderung, als dem Verhältnis q konstant der Wert: $^1/_{10}$ gegeben wurde. Die nämlichen im Falle 2a vollzogenen Operationen liessen die Kurve (Figur 13) entstehen.

Sie ist ähnlichen Charakters wie die in Figur 12 zur Darstellung gebrachte, zeigt indessen einen wesentlich flacheren Verlauf als diese. Es lässt sich aus ihr entnehmen, dass mit einer Verkleinerung der Summe $(w_3 + w_4)$ von 250 Ω auf 50 Ω eine Zunahme der Barretterempfindlichkeit von nur rund 6% verbunden ist.

Auf Grund der vorstehend mitgeteilten Beobachtungen habe ich den Barretter No. 74a der 0,0035 mm Pt-Barretter-Serie in eine möglichst günstige Kombination eingebaut und dadurch seine Empfindlichkeit gegenüber derjenigen, welche er in einer „Ein-Barretter-Kombination" früherer Anordnung haben würde, um rund 50% gesteigert. Mit der Kombination wird augenblicklich in der 8 km von der Sendestation: Halle-Cröllwitz entfernt liegenden Empfangsstation: Wallwitz sehr gut gearbeitet.

B.

Weiter habe ich mir über die im Messkreis obwaltenden Verhältnisse Klarheit zu verschaffen gesucht dadurch, dass ich:

1. die Beeinflussung desselben durch die Kapazität,
2. die Beeinflussung desselben durch die Induktanz

untersuchte.

Ad 1: An Stelle des bis dahin benutzten 0,02 Mi Glimmerkondensators von Siemens & Halske wurde ein von der nämlichen Firma gelieferter Kapazitätskasten (0,001 — 1 Mi) in den Messkreis geschaltet. Darauf wurden nacheinander:

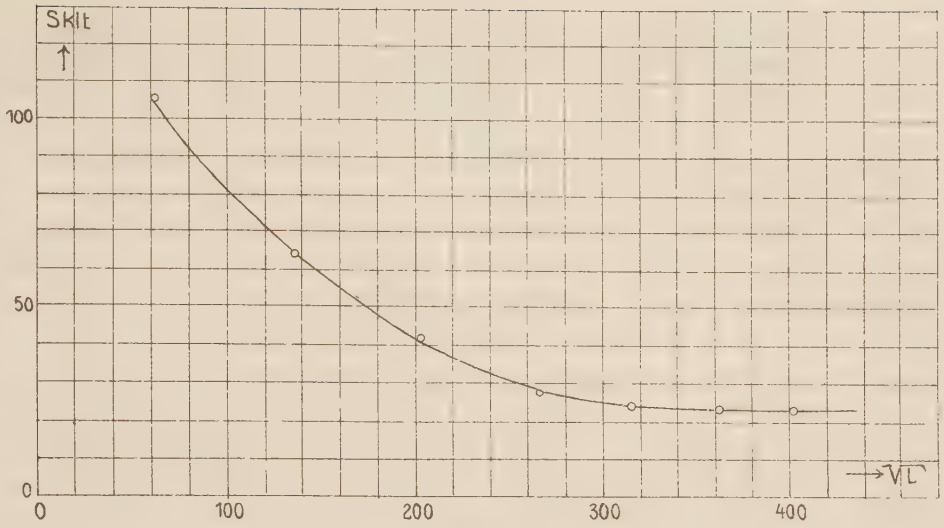
0,001 Mi, 0,002 Mi,
0,005 „ , 0,01 „ ,
0,02 „ , 0,05 „ ,
0,1 „ , 0,5 „

und 1 Mi gestöpselt und mit dem Prüfbarretter No. 101, für dessen i_B (opt) $= 1{,}545 \times 10^{-3}$ Amp. der Prüfkreis abgeglichen war $(q = {}^1/_1; (w_3 + w_4) = 80\,\Omega)$, die jeweiligen Resonanzkurven aufgenommen. Die Optima derselben waren gegeneinander in keiner Weise verschoben. Wurden die von Fall zu Fall erhaltenen Maximalausschläge als Funktionen der Wurzelwerte aus den zugehörigen Kapazitäten dargestellt, so ergab sich eine Kurve, welche zunächst steil ansteigt, dann jäh abfällt und schliesslich einen nahezu geradlinigen Verlauf nimmt. Figur 14 zeigt dieselbe.

Figur 14. $\alpha_{max} = f(\sqrt{C})$.

Bei Einschaltung von 0,005 Mi Kapazität in den Messkreis wäre dieser also unter den bestehenden Verhältnissen mit den ersten Schwingungskreisen in Resonanz gewesen. Um gänzlich ausserhalb der Resonanz zu sein, hätte es der Einschaltung eines $^1/_{10}$ Mi-Kondensators bedurft. Bei

Verwendung des 0,02 Mi Glimmerkondensators von Siemens & Halske bewegte ich mich zwar noch auf dem abfallenden Kurvenaste, indessen noch hinreichend weit vom Resonanzpunkt entfernt.



Figur 15. $\alpha_{max} = f(\sqrt{L})$.

Ad 2: Es wurden im Messkreis normaler Schaltung nacheinander 3, 9, 15, 21, 27, 33, 39 Windungen einer aus 63 Windungen umsponnenen Kupferdrahtes bestehende Spule zugeschaltet. Denselben entsprachen der Reihe nach die Selbstinduktionskoeffizienten:

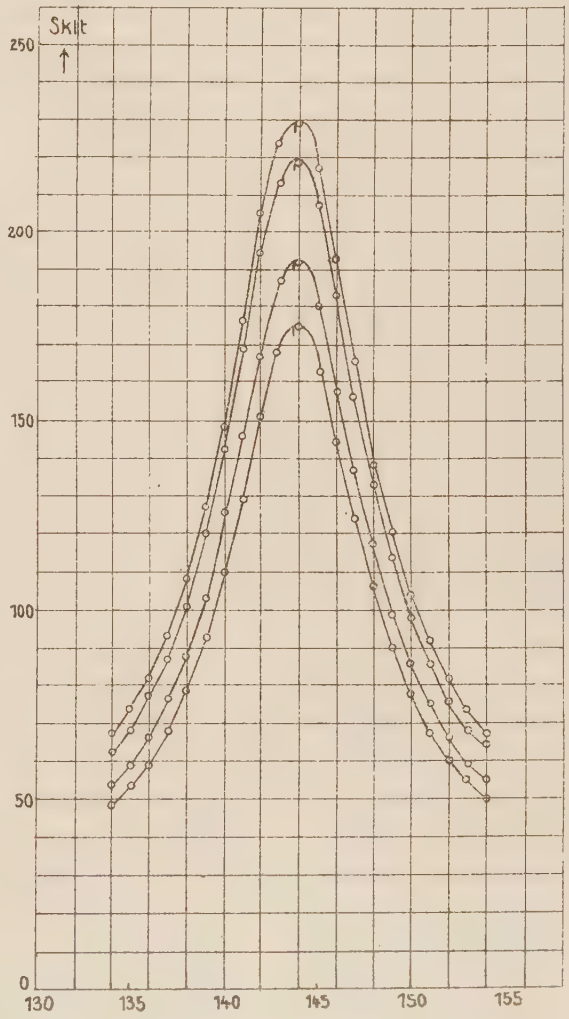
L =	3 758	cm
	18 710	„
	40 840	„
	70 810	„
	99 600	„
	130 000	„
	161 000	„

Die in jedem Falle mit dem für i_B (opt) des Barretters No. 101 abgeglichenen Prüfkreise aufgenommenen Resonanzkurven lieferten Maximalausschläge, welche als Funktionen der Wurzelwerte aus den entsprechenden Selbstinduktionskoeffizienten dargestellt die zu erwartende Kurve der Figur 15 entstehen liessen.

Hätte ich durch Verkleinerung der Kapazität C_4 den Messkreis mit den beiden ersten Schwingungskreisen in Resonanz gebracht oder hätte ich gar diesen Resonanzpunkt überschritten und dann die soeben mitgeteilte Untersuchung hinreichend weit wiederholt, so hätte ich natürlicherweise eine der Kurve (Figur 14) entsprechende Kurve gewonnen. Denn die Wellenlänge ändert sich ja gemäss der Formel:

$$\lambda = 2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}$$

nicht nur proportional der Wurzel aus der Kapazität, sondern auch proportional der Wurzel aus dem Koeffizienten L der Selbstinduktion.



Figur 16. Resonanzkurven ($\alpha_{max} = f$(Kondensatorstellung). Das Optimum ist durch die eingezeichneten Striche bezeichnet.

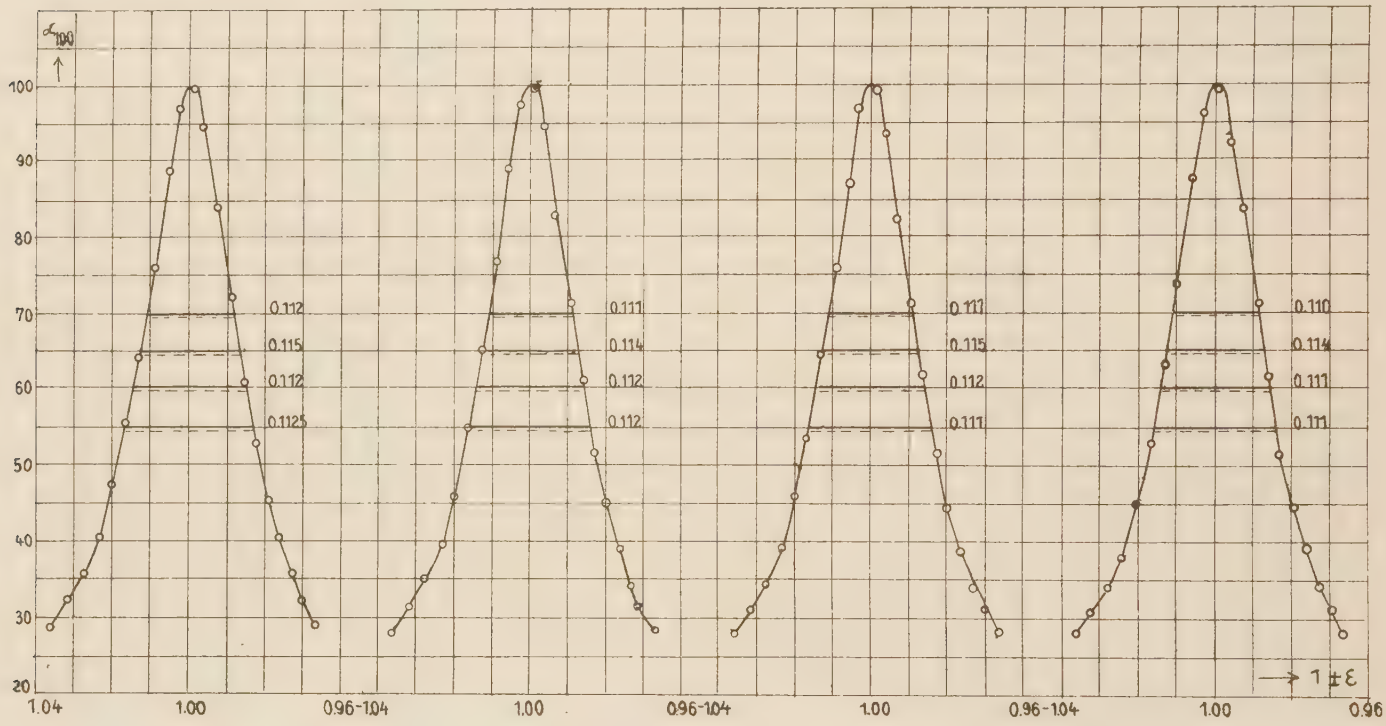
C.

Schliesslich habe ich noch Dämpfungsmessungen ausgeführt:

Ich suchte zunächst festzustellen, ob Zuschaltung von Widerstand im Funkenkreise eine Änderung des log. Dekrements Λ nach sich ziehen würde. Zu diesem Zwecke ersetzte ich aufeinander folgend einen Kupferdraht der normalen Schaltung durch Manganindrähte gleicher Länge, aber verschiedener Dicke, wodurch die Länge der im Funkenkreise erzeugten Wellen nicht nachweisbar geändert wurde. In jedem Falle wurde mit dem Normalkreise eine Resonanzkurve aufgenommen. Bei normaler Schaltung lieferte die entsprechende Resonanzkurve einen Maximalausschlag von 229,8 Skalenteilen. Wurden 4,16 Ω; 12,2 Ω; 20,8 Ω Manganindraht an Stelle des nahezu widerstandslosen Kupferdrahtes eingeschaltet, so sank dieser Maximalausschlag, wie aus den in Figur 16 wiedergegebenen Resonanzkurven ersichtlich ist, bezw. auf:

220,0
192,5
175,0 Skalenteile.

Das Optimum lieferte in allen Fällen die Kondensatorstellung: 143,8°. Die Wellenlänge des Funkenkreises hatte also, wie bereits erwähnt, keine Änderung erfahren. Die nach der Methode von



Figur 17. Dämpfungskurven.
Die den Kurven beigefügten Zahlen bedeuten die den Kurvenbreiten entsprechenden Λ-Werte.
Die im Texte angegebenen Λ-Werte sind die Mittelwerte aus diesen.

K. E. F. Schmidt[1]) vorgenommene Ermittelung von Λ lieferte die in Figur 17 dargestellten Dämpfungskurven und die Dämpfungswerte:

0,113; 0,112; 0,112; 0,112

d. h. Werte, welche als völlig identisch zu betrachten sind. Damit wäre das Resultat gewonnen, dass Zuschaltung von Widerstand im Funkenkreise unter den Seite 15 angegebenen Verhältnissen ohne Einfluss auf die Dämpfung ist, ein Resultat, welches mit der von M. Wien[2]) entwickelten Theorie völlig in Einklang ist.

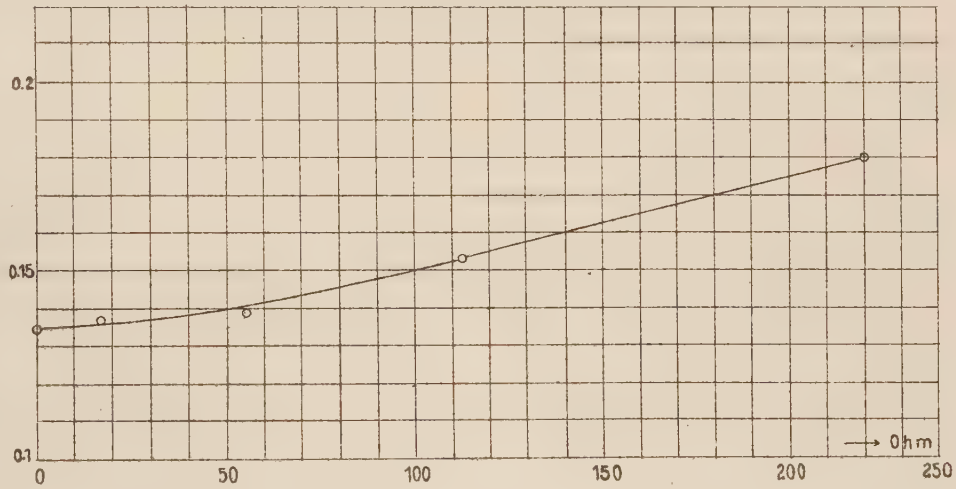
1) K. E F. Schmidt: Über Messung der Dämpfung in elektrischen Schwingungskreisen. Phys. Z. S. 9, 13—18. 1908.
2) M. Wien: Über eine Methode zur Erzeugung schwachgedämpfter elektrischer Schwingungen. Phys. Z. S. 9, 49—50, 1908.

Darauf untersuchte ich die Beeinflussung der Dämpfung durch Zuschaltung von Widerstand im Messkreis (Kreis IV). Die Stärke der Widerstände hatte ich mir aus Manganindrähten gefertigt. Dieselben waren durch bifilare Wicklung möglichst induktionsfrei und gut isoliert auf einer Hartgummirolle angeordnet. Zur Aufnahme der Resonanzkurven diente der für i_B (opt) $= 1{,}545 \times 10^{-3}$ Amp. des 0,00315 mm Pt-Barretters No. 101 abgeglichene Prüfkreis. Die gewonnenen Resultate sind in Tabelle XII enthalten.

Tabelle XII.

Messkreis-Schaltung	Aus den Resonanzkurven entnommene α_{max}	Berechnete Λ-Werte
Normale Schaltung	176,0 Sklt	0,135
17,7 Ω zugeschaltet	132,5 „	0,137
52,2 „ „	93,0 „	0,139
111,7 „ „	59,0 „	0,153
220,0 „ „	40,0 „	0,180

Es ist also einerseits eine Abnahme der Maximalausschläge, andererseits eine Zunahme des log. Dekrements Λ bei Zuschaltung von Widerstand im Messkreis deutlich wahrnehmbar. Das Ansteigen der Dämpfung mit wachsendem Messkreiswiderstand bringt nachstehende Kurve (Figur 18) zum Ausdruck.



Figur 18. $\Lambda = f$ (Messkreiswiderstand) [zugeschaltet].

Als Erklärung dafür, dass Zuschaltung von Widerstand im Messkreis eine Abnahme der Maximalausschläge im Gefolge hat, sei folgendes angeführt:

Nach den bekannten Wechselstromgesetzen ist der im Messkreis fliessende Strom abhängig vom Widerstandsoperator dieses Kreises. Da die an den Klemmen der Kopplungsinduktanz L_7 auftretende elektromotorische Kraft konstant ist, so wird für die Erwärmung des Barretters desto weniger Strom zur Verfügung stehen, je mehr Ohmscher Widerstand in den Messkreis geschaltet wird. Eine entsprechende Abnahme der Maximalausschläge wird die Folge sein.

Betreffs der Zunahme der Dämpfung sei bemerkt:

Für reine Resonanzkreise gilt:

$$\Lambda = \frac{w \cdot T}{2L};^{1})$$

d. h. mit wachsendem w ist eine Zunahme von Λ verbunden. Es lässt sich erwarten, dass auch mit einer gewissen Annäherung der Schluss richtig ist, dass im Kreise IV, der wesentlich erzwungene Schwingungen aufnimmt, die Vergrösserung von w eine Zunahme von Λ bewirkt.

1) Drude: Physik des Äthers, pag. 477.

Die gleiche Bemerkung sei hinsichtlich der Ergebnisse der nachstehend mitgeteilten Untersuchungen gemacht.

Bei normaler Schaltung der übrigen Kreise wurde der Normalkreis auf seine günstigste Wirkung eingestellt und der Prüfkreis nacheinander für i_B (opt) des 0,00315 mm Pt-Barretters No. 101 und für i_B (opt) des 0,0026 mm Pt-Barretters No. 110 abgeglichen. Der Widerstand des Normalbarretters belief sich bei dessen i_B (opt) $= 0{,}63 \times 10^{-3}$ Amp. auf 177 Ω. Die Barretter No. 101 und No 110 hatten bei ihren i_B (opt), d. h. bei $1{,}545 \times 10^{-3}$ Amp. und bei $0{,}53 \times 10^{-3}$ Amp, Widerstände von 94,5 Ω bezw. 950 Ω. Es wurde zunächst eine Resonanzkurve mit dem Normalbarretter aufgenommen, daran anschliessend solche mit den Prüfbarrettern No. 101 und No. 110 und endlich wieder eine solche mit dem Normalbarretter.

Tabelle XIII.

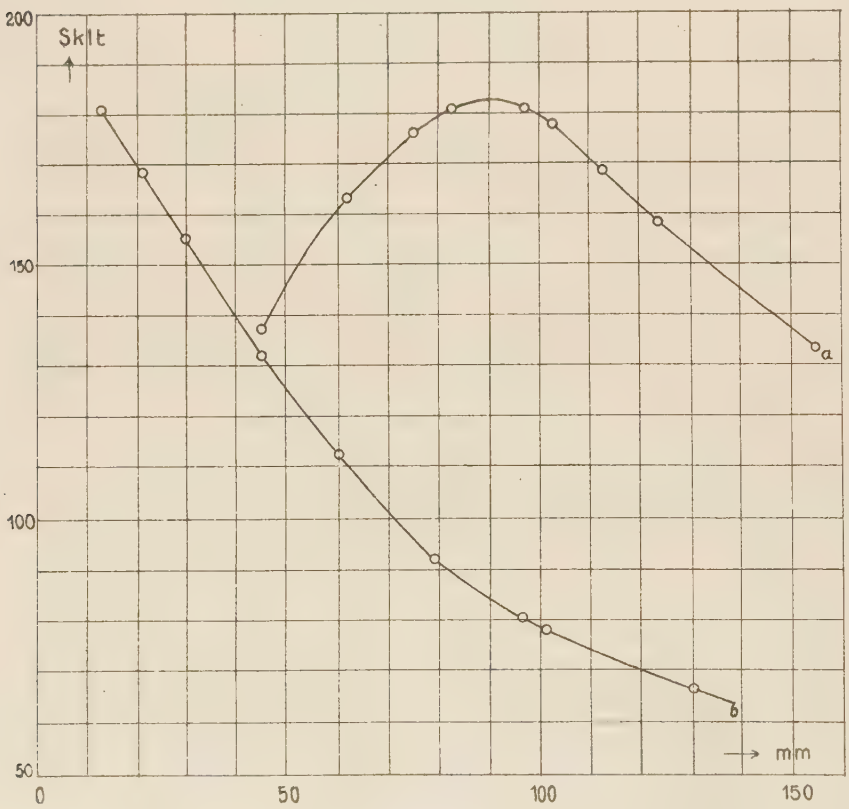
No. des Barretters	w_B bei i_B (opt)	Berechnete A-Werte
101	94,5 Ω	0,111
Normalbarretter	177,0 „	0,113
110	950,0 „	0,126

Aus den mit dem Normalbarretter aufgenommenen Resonanzkurven wurde in beiden Fällen der gleiche Dämpfungswert: 0,113 ermittelt. Die mit den Barrettern No. 101 und No. 110 aufgenommenen Resonanzkurven lieferten hingegen für A die Werte: 0,111 und 0,126. In nebenstehender Tabelle sind die Resultate nochmals zusammengestellt.

Es ist ein Anwachsen der Dämpfung mit zunehmendem Barretterwiderstand erkennbar.

Das gleiche Resultat lieferte neben mehreren anderen Beobachtungen die folgende Untersuchung:

Die Wellen der 3,5 km entfernt liegenden Sendestation Halle-Cröllwitz wurden von einem als Antenne dienenden 80 m langen Luftleiter A (Schema IV) aufgefangen, welcher von dem 38 m hohen Turme des hiesigen physikalischen Instituts aus frei und gut isoliert über den vor dem Institut befindlichen Platz gespannt war. Derselbe war über zweimal 8 Windungen a und b einer Kupfer-Seil-Induktanz und über zwei Induktanzen L_1 und L'_1 aus blankem Kupferdraht an einen 80 m langen Gegendraht G angeschlossen, welcher in Zickzackführung im Schutze der Südfront des Instituts ausgespannt war. Nachdem das System I. mitttels des an die Klemmen c und d der Induktanzen L_1 und L'_1 angeschlossenen, Seite 16 beschriebenen Barrettermesskreises III. auf die Wellenlänge der Sendestation abgestimmt war, wurde mit demselben ein aus den beiden Induktanzen L_2 und L'_2 und dem $^{22}/_{23}$ Drehkondensator C_1 (System Telefunken) bestehendes Sekundärsystem induktiv gekoppelt. Es ergab sich, wie Figur 19a zeigt, ein Maximum der Wirkung bei einer bestimmten Kopplung $^{I}/_{II}$.



Figur 19a. $\alpha = f$ (Kopplung $^{I}/_{II}$).
Figur 19b. $\alpha = f$ (Koppluhg $^{II}/_{III}$).

Es wurde auf dieses Maximum eingestellt und dann der Barrettermesskreis III. mittels der Induktanz L_3 angeschlossen. Mit loser werdender Kopplung $^{II}/_{III}$ war, wie aus Figur 19b ersichtlich ist, ein Abfall der Wirkung verbunden. Nachdem auf eine bestimmte Kopplung eingestellt war, wurden mit vier verschiedenen Serien angehörenden Barrettern, für deren i_B (opt) der Prüfkreis abgeglichen wurde, Resonanzkurven aufgenommen und aus diesen die Dämpfung berechnet. Die nachstehende Tabelle enthält die Resultate.

Tabelle XIV.

No. des Barretters	Barretter-Serie	i_B (opt)	w_B bei i_B (opt)	Λ
	mm-Pt	Amp.	Ω	
45	0,00525	$2{,}5 \times 10^{-3}$	62,0	0,229
101	0,00315	$1{,}545 \times$ „	94,5	0,246
76a	0,0035	$0{,}47 \times$ „	245,0	0,303
110	0,0026	$0{,}53 \times$ „	950,0	0,296

Von der Mitteilung anderer Dämpfungsmessungen, welche ich mit meinen Schwingungskreisen noch ausführte, will ich Abstand nehmen, da dieselben teilweise ganz unerwartete, einander widersprechende Resultate ergaben und somit zwecks Klärung einer umfassenden Weiterführung bedürfen.

VII.

Kurze Zusammenfassung der Resultate.

I. Der Barretterwiderstand wächst mit zunehmender Strombelastung. Die Kurven, welche durch Darstellung der Barretterwiderstände als Funktionen der zugehörigen Stromwerte entstehen, steigen zunächst bis zu einem gewissen Punkte an, nehmen dann einen gegen die Abszissenachse konvexen Verlauf und gehen schliesslich von diesem über den geradlinigen zum konkaven Verlauf über. III.

II. Die Barretter haben ein und nur ein Stromoptimum, d. h. sie zeigen für einen und nur für einen bestimmten Wert des in der verwendeten Brückenkombination fliessenden Gleichstromes die grösste Empfindlichkeit.

III. Es sind Kurven gewonnen, welche darstellen:

1. Die Stromoptima [i_B (opt)] von Barrettern verschiedener Drahtserien in Abhängigkeit:
   a) von den bei $i_B = 2 \times 10^{-3}$ Amp. gemessenen Barretterwiderständen w_B;
   b) von den bei i_B (opt) gemessenen Barretterwiderständen w_b.
2. Die Barretterempfindlichkeiten (die A-Werte) in Abhängigkeit:
   a) von den bei $i_B = 2 \times 10^{-3}$ Amp. gemessenen Barretterwiderständen w_B;
   b) von den bei i_B (opt) gemessenen Barretterwiderständen w_b.

Die Kurve 1a dient zur Ermittelung von i_B (opt) eines Pt-Barretters, dessen Widerstand w_B bei $i_B = 2 \times 10^{-3}$ Amp. gemessen ist. Die Kurve 1b ermöglicht es, den Widerstand eines Barretters bei seinem i_B (opt) zu erhalten.

Aus den Kurven 2a und 2b lässt sich entnehmen: Die Empfindlichkeit der Barretter erreicht für die verschiedenen Drahtserien mit einer bestimmten Schleifenlänge ein Maximum. Eine Abhängigkeit der Barretterempfindlichkeit vom Drahtdurchmesser scheint nicht zu bestehen. IV und V.

IV. Die Empfindlichkeit der Barretter lässt sich wesentlich steigern durch geeignete Anordnung der Brückenkombination, und zwar:

1. dadurch, dass das Verhältnis:

$$q = \frac{\text{Barretterwiderstand } w_b}{\text{Widerstand W d. Brückenzweiges 2}}$$

möglichst klein gemacht wird.[1])

2. dadurch, dass die Summe $(w_3 + w_4)$ der in den Brückenzweigen 3 und 4 liegenden Widerstände möglichst klein gewählt wird. VI. A.

V. Eine Vermehrung des Widerstandes im Funkenkreise hat unter der Voraussetzung, dass mit diesem ein Sekundärsystem im Sinne M. Wiens induktiv gekoppelt ist, keinen Einfluss auf das Resultat der Dämpfungsmessung. VI. C.

VI. Die Vergrösserung des Messkreiswiderstandes beeinflusst das Messresultat. Es wird nachgewiesen, in welcher Stärke der zunehmende Widerstand den Dämpfungswert erhöht. VI. C.

VII. Das Resultat der Dämpfungsmessung wird auch, wenngleich in geringerem Masse, vom Barretterwiderstand beeinflusst. Auch hier ergeben Barretter mit erheblich grösserem Widerstande grössere Werte für Δ.[2]) VI. C.

---

1) Für die hier benutzten Kombinationen ist aus Konstruktionsgründen einheitlich $q = 1/10$ gewählt worden. Eine weitere Verkleinerung von q ist übrigens praktisch ohne sehr erheblichen Einfluss.

2) Nach den neusten Messungen ist es fraglich geworden, ob nicht ein Teil der beobachteten Zunahme auf sekundäre Einflüsse zu schieben ist (s. die Dissertation von Kempe).

Die in vorliegender Arbeit mitgeteilten Untersuchungen führte ich im Laboratorium des Herrn Prof. Dr. Schmidt vom Dezember 1907 bis zum August 1908 durch, und zwar zum grössten Teil in den Nachtstunden, da ich tagsüber durch fremde, im Institut erzeugte Schwingungen, auf welche die Barretter augenblicklich ansprachen, vielfach gestört wurde.

Es sei mir an dieser Stelle gestattet, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. Schmidt, für die freundliche Anregung zu den mitgeteilten Untersuchungen und für die stetige liebenswürdige Unterstützung und Beratung bei der Durchführung derselben meinen herzlichsten Dank ergebenst auszusprechen. Auch des Dankes, zu welchem ich seinem Assistenten, Herrn Joh. Rautenkranz, für die vielfache Mühewaltung verpflichtet bin, entledige ich mich gern.

Lebenslauf.

Geboren bin ich, Ernst Theodor Neuhaus, am 27. Dezember 1883 zu Wehrstedt b. Halberstadt als Sohn des Kaufmanns Karl Neuhaus und seiner Gemahlin Mathilde geb. Michaelis. Ich bin evangelischer Konfession und preussischer Staatsangehörigkeit.

Den ersten Unterricht genoss ich von Ostern 1890 bis Ostern 1896 in der Privatschule zu Grönigen b. Halberstadt. Ostern 1896 trat ich in die Quarta des Realgymnasiums zu Halberstadt ein, woselbst ich Ostern 1900 die Berechtigung zum einj.-freiw. Militärdienst erlangte und Ostern 1903 die Reifeprüfung bestand. Darauf widmete ich mich dem Studium der Mathematik und Naturwissenschaften und weilte zu diesem Zwecke von Ostern 1903 bis Ostern 1905 in Heidelberg und darauf in Halle.

Im Verlaufe des Wintersemesters 1905/06 nahm ich an dem staatl. Turnlehrerbildungskursus zu Halle teil und bestand im März 1906 das Turnlehrerexamen. Im März 1907 legte ich die Fechtlehrerprüfung ab. Der Prüfung für das Lehramt an höheren Schulen unterzog ich mich im November 1907.

Meine Lehrer waren die Herren Professoren und Dozenten:

in Heidelberg:

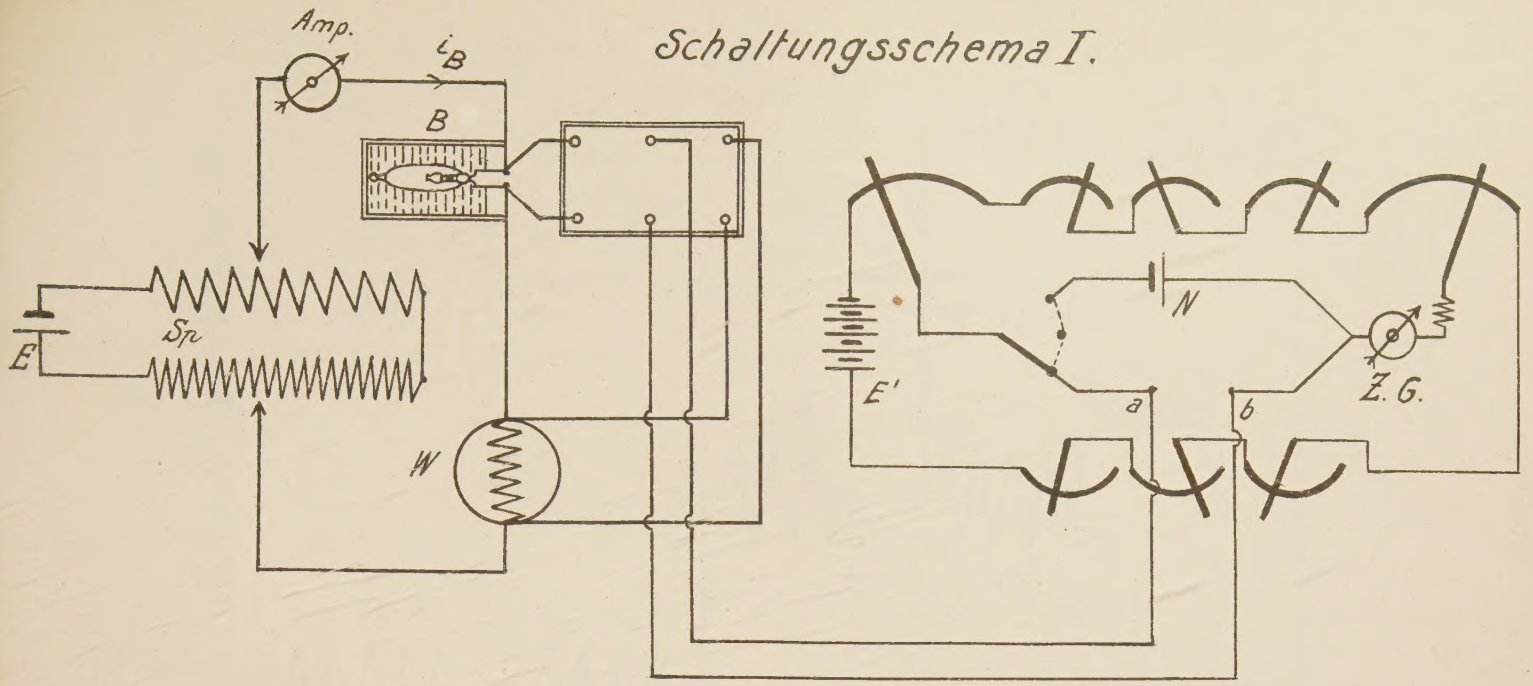
Affolter, Boehm, v. Duhn, Elsenhans, Gothein, Hettner, v. Jagemann, Koehler, Koenigsberger, Krafft, v. Lilienthal, Quincke, Rathgen, Thode, Walz, Wolf.

in Halle:

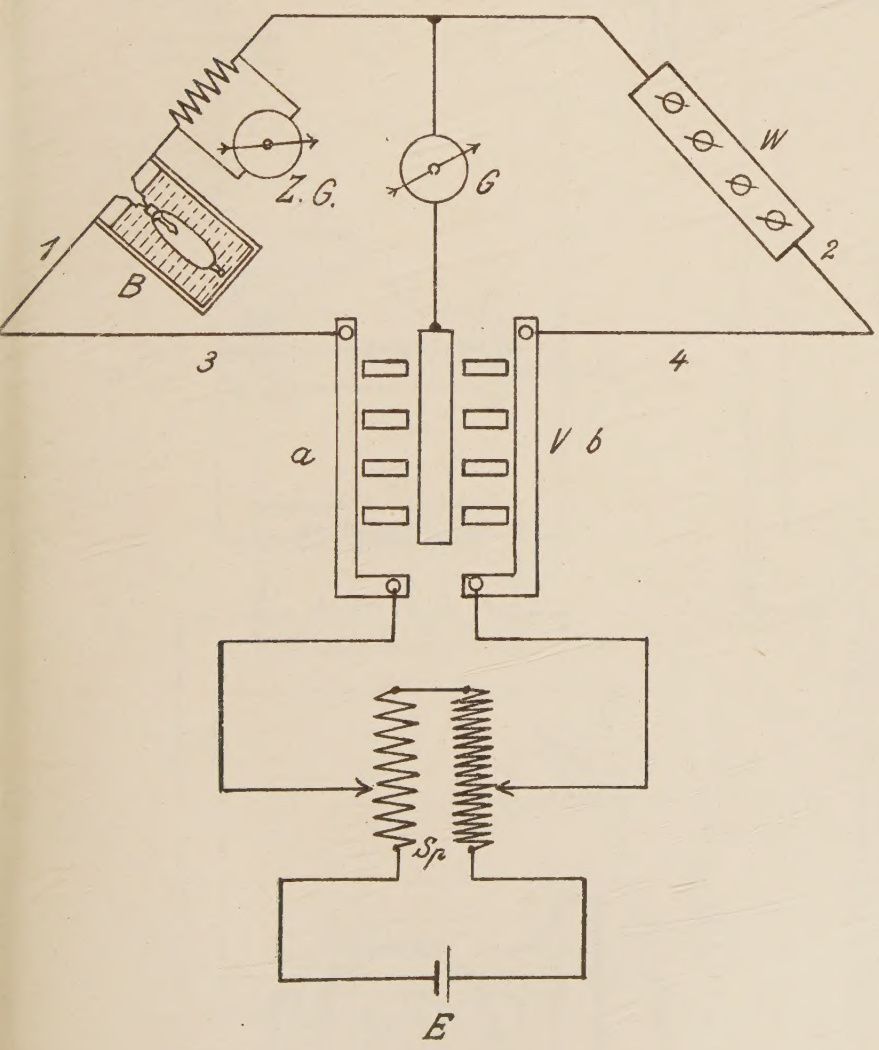
Baumert, Cantor, Doebner, Dorn, Fries, Grenacher, Gutzmer, Lastig, Litten, Luedecke, Schmidt, Uphues, Vaihinger, Vorländer, Wangerin, Wüst.

Allen diesen meinen verehrten Lehrern, besonders aber Herrn Prof. Dr. Schmidt bin ich zu grossem Danke verpflichtet.

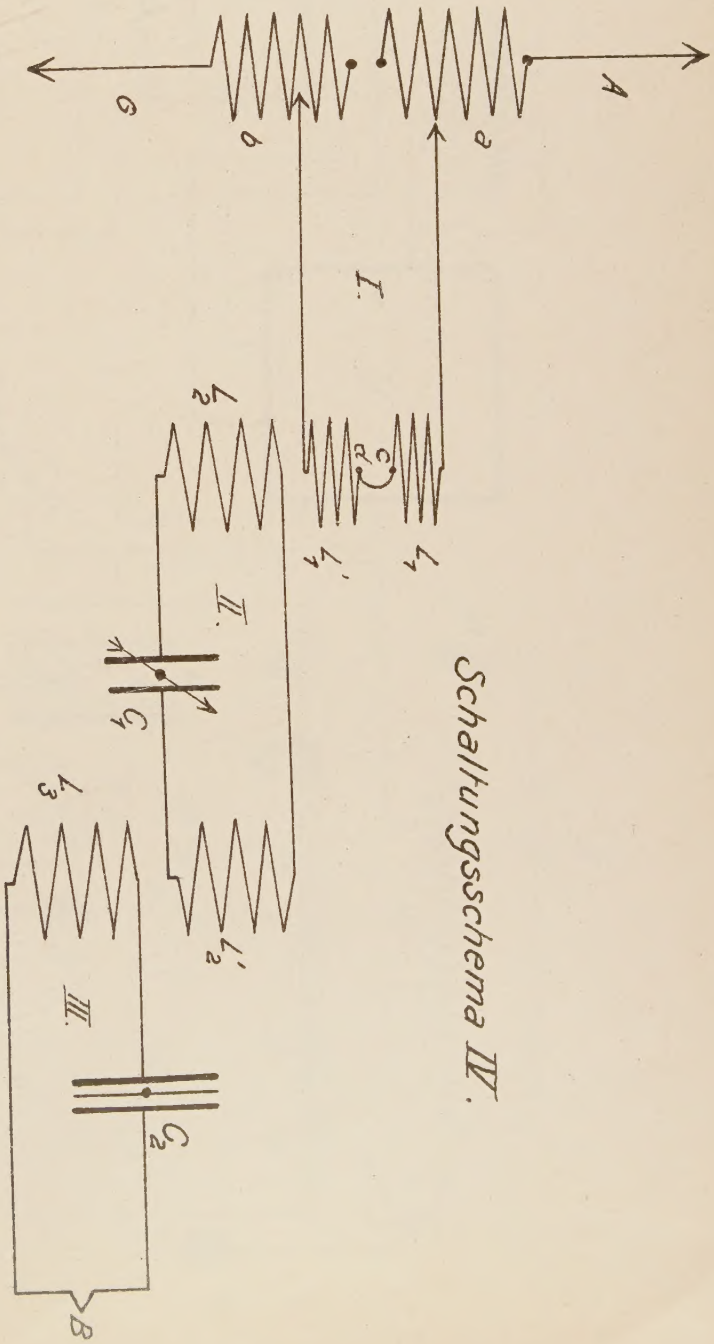
Schaltungsschema I.

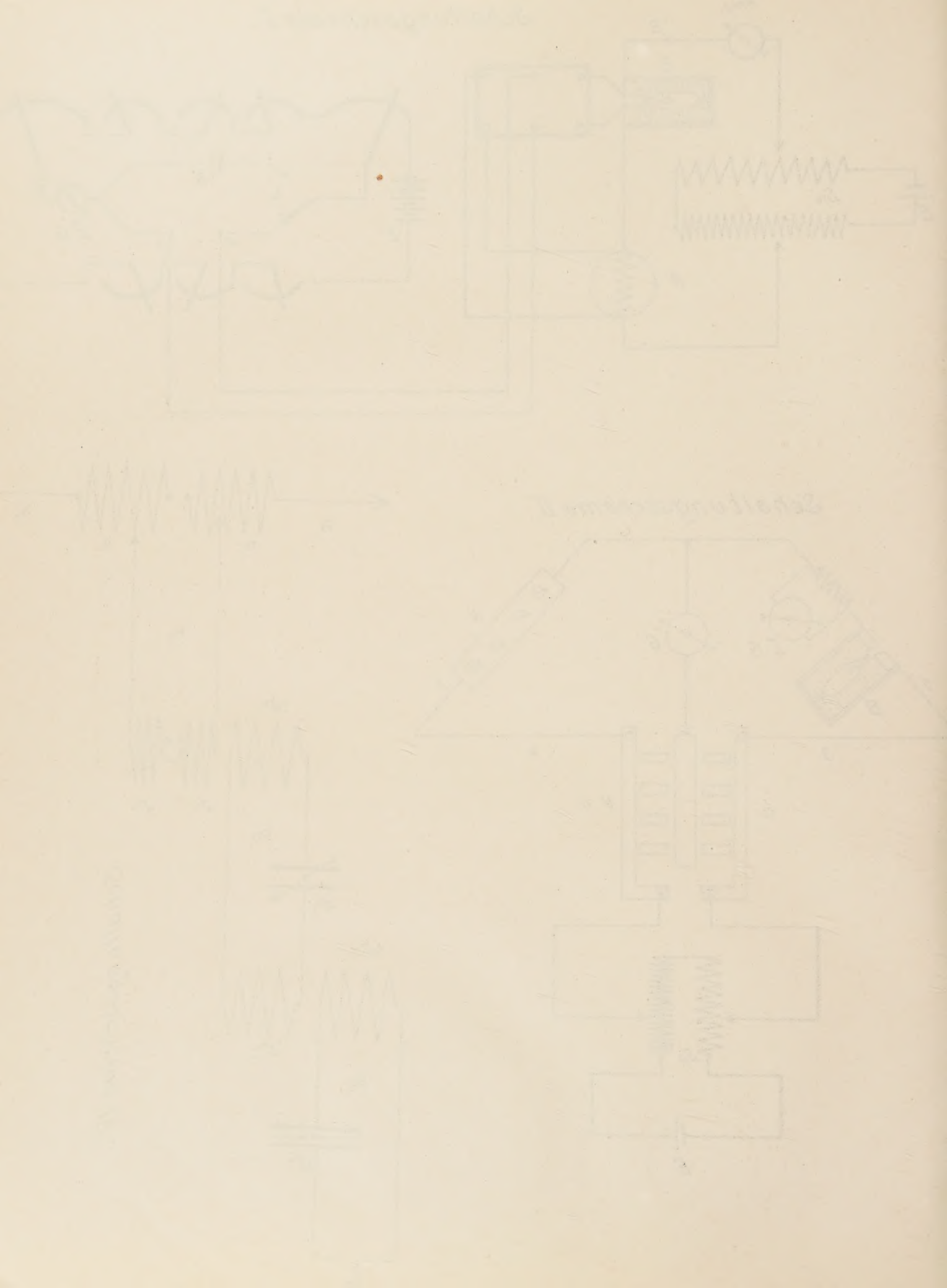


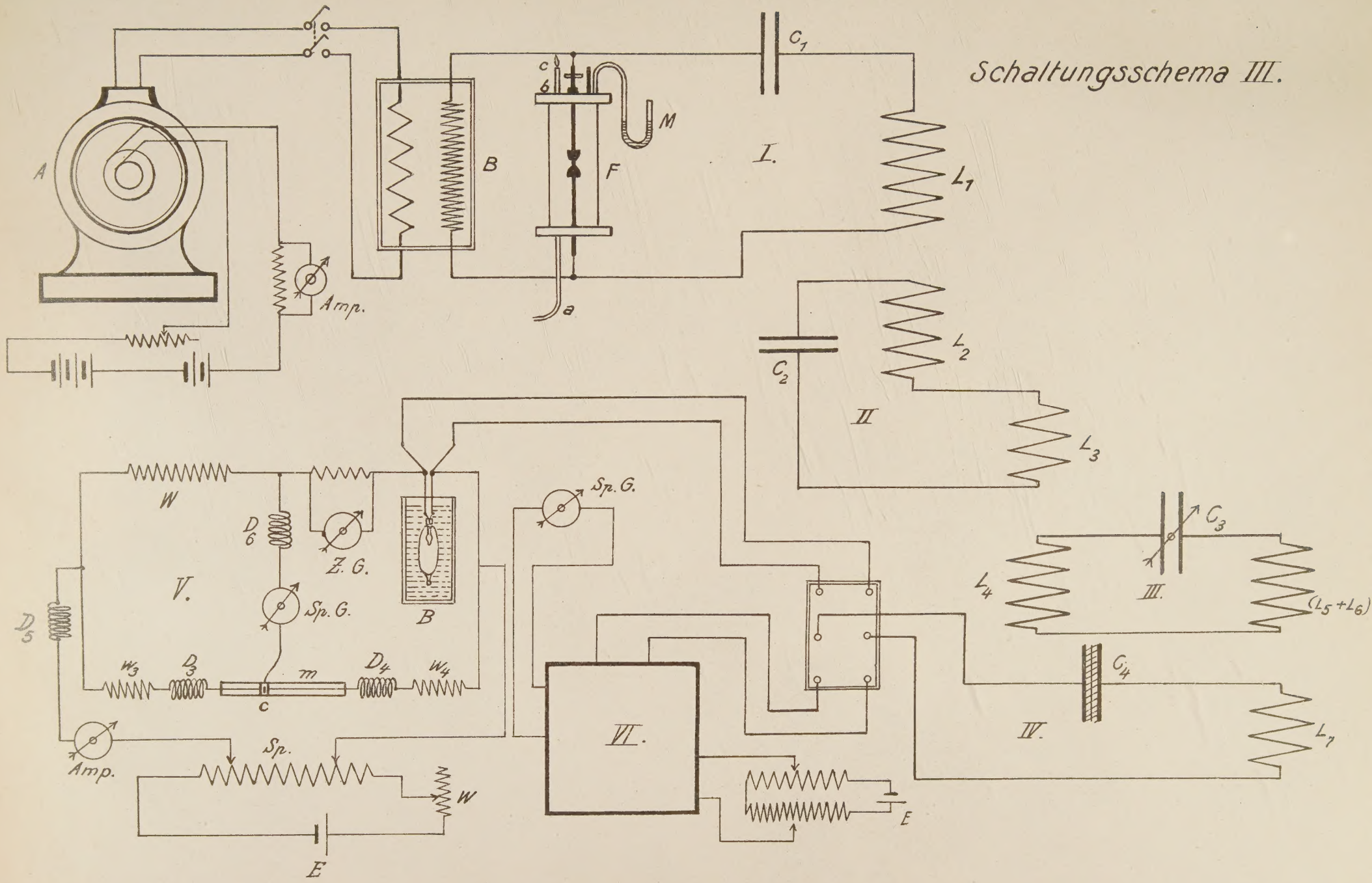
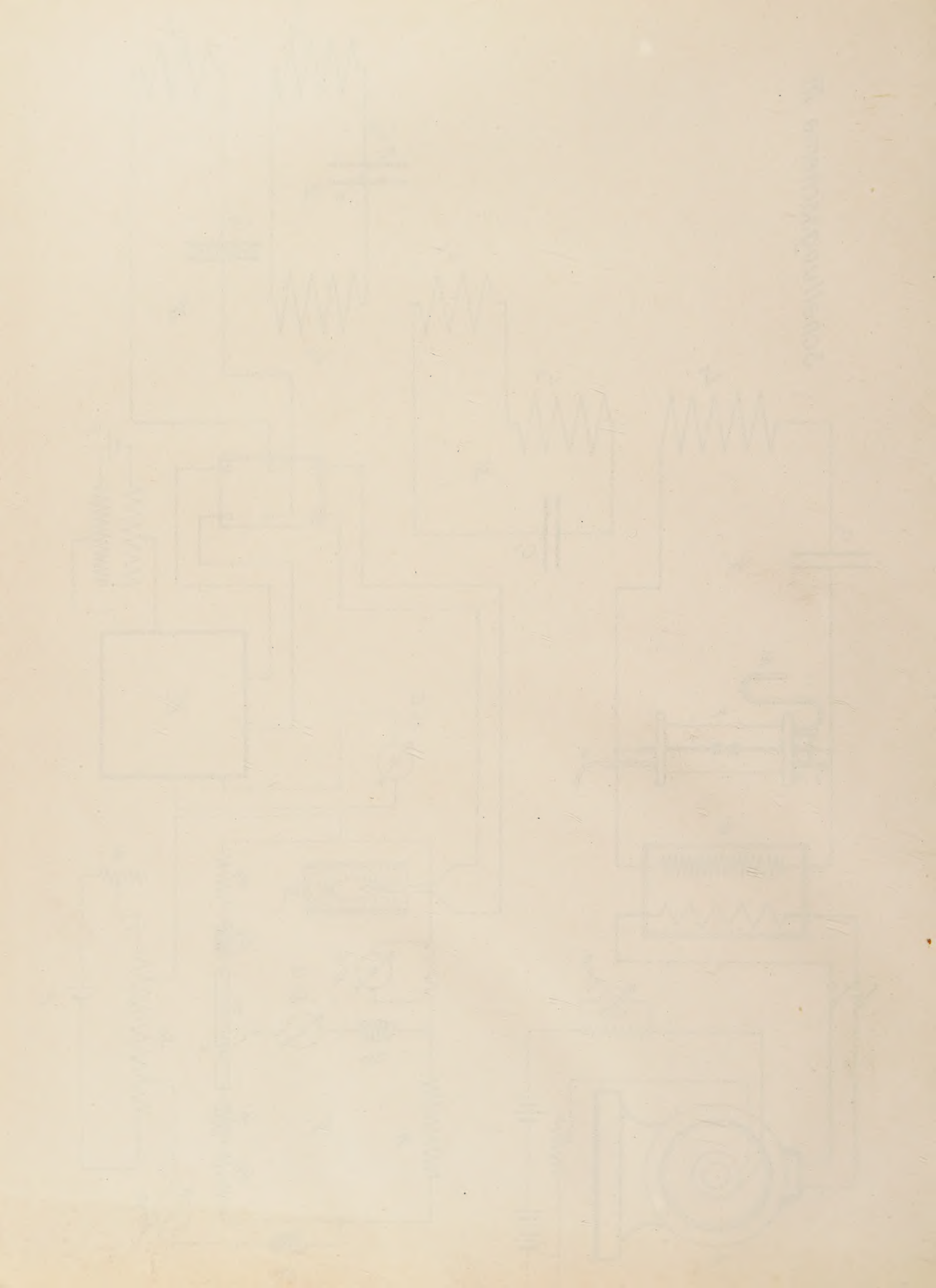
Schaltungsschema II.



Schaltungsschema III.






Schaltungsschema III.
A
Amp.
B
c
b
a
F
M
C_1
I.
L_1
C_2
II
L_2
L_3
W
D_6
Z. G.
Sp. G.
B
V.
D_5
W_3
D_3
m
D_4
W_4
c
Amp.
Sp.
W
E
Sp. G.
VI.
E
C_3
L_4
III.
(L_5+L_6)
C_4
IV.
L_7